

# Radiový KONSTRUKTÉR Svazarmu

Plánky a návody Amatérského radia



ROČNÍK II • 1956 • ČÍSLO 6

## JAK SE VYPOČTE KATODOVÝ ODPOR?

Dochází nám do redakce mnoho dopisů čtenářů a mnoho z nich pochází od začátečníků; není divu, začínající radioamatér narazí na mnohý problém, který se na první pohled zdá velmi jednoduchý, ale když je třeba jej dobře vyřešit, ukáže se, že vědomostí na to nestačí. To se ostatně stává i radioamatérům mnohem zkušenějším a možno říci, že jim se to stává ještě častěji než začátečníkovi. Tak tedy některý soudruh narazí na určitý problém a záleží na nátuře, jak se s ním vypořádá. Ostýchavý zatne zuby, začne hledat v časopisech které musí dlouho a s námahou shánět, vypůjčí si odborné knihy a hledá. Než se prokouše k hledanému vzorečku, musí probrat mnoho materiálu a nakonec třebas najde vzoreček, kde není řečeno, jaké jednotky dosadit a zabloudí v desetinných místech. – Člověk flegmatický mávne rukou a rozestavěný přístroj zastrčí pod almaru, kde jej v totéž stavu najde vnouček jako součást pozůstalosti. – Amatér kurážný sedne a napíše korespondenční lístek: Milá redakce, jsem dlouholetým odběratelem Vašeho časopisu a moc se mi líbí atd., a prosím o radu, jak se vypočte hodnota katodového odporu, nikde jsem to nenašel. Mám doma elektronky RENS1264, REN904 a RV12P2000 a rád bych si postavil bateriový přijímač na dovolenou. Zašlete mi plánek dvoulampovky na dobírku. Dále bych prosil o nákres zesilovače s věrným přednesem. Máte jistě v redakčním kruhu odborníky, kterým taková věc nedá žádnou práci. S pozdravem ... A protože redakce hledí každému tazateli vyhovět, začne hledat někoho, kdo by

byl ochoten ty dva měsíce na vyvinutí žádaného zesilovače věnovat. – Ten praktický amatér-zároveň nebo i pokročilý vyřeší věc jednodušeji: zeptá se v nejbližším větším závodě na někoho ze základní organizace Svazarmu, nebo zajde na okresní výbor Svazarmu, kde mu řeknou, kdy se scházejí amatéři. Zajde si za nimi a vidí: tady je možno nejen se zeptat, ale oni mi také vlastnoručně pomohou. Mají měřidla, která já doma mít nemohu a mají i dílnu, kde se dají pořídit mnohem lepší věci nežli na koleně.

„Podívej, drahý autore, mne neagituj; já jsem člověk nespolkový a mne nikdo do spolků nedostane.“ Počkej, čtenáři, nikdo Tě do spolků nenutí. Neobracej list a vydrž až do konce. A uvažuj: Za jeden dopis redakci vydáš aspoň korunu šedesát. Korunu za papír a obálku, šedesát haléřů za známku. Čas nepočítáme. Dostaneš jednu radu na papíře. Slovní. Jistě chápeš, že nemůžeme provádět speciální výpočty nebo kreslit plánky přístrojů podle přání, když úkolem redakce je především zajistit hodnotný obsah časopisu. Půlhodina na jeden dotaz znamená aspoň pět hodin denně na vyřizování pošty, protože nejsi sám. – Když se však přidáš k mnoha ostatním amatérům, zaplatíš za rok Kčs 12.– členských příspěvků (to je výdaj za sedm dopisů) a můžeš u svých zkušenějších soudruhů čerpat zkušenosti po celý rok. Celý rok můžeš měřit na přístrojích, celý rok můžeš pracovat v dílně a až se budou chystat na Polní den, vypraví se s nimi – vlastně ne, s vámi – celá Tvoje rodina.

Tak, a není tohle nejlepší způsob, jak se dovědět, jak se vypočítá katodový odpor?

# UNIVERSÁLNÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJ GRID-DIPMETR

Jaroslav Přibíl

Bývaly doby, kdy většina amatérů při své konstrukční práci spoléhala na to, čemu se říkalo „konstrukční cit“. Po citu se vinuly cívky, zkusmo se čmáraly od-pory měkkou tužkou a starší pamatují i návody na výrobu otočných konden-sátorů. Pak se to dalo dohromady a uve-dení přístroje do chodu bylo zase otázkou „citu“ – řekněme upřímněji, spíše otázkou bohatýrského štěstí nebo smůly. A stejně upřímně si přiznejme, že hodně dnešních amatérů pracuje takto do-dnes. Je s podivem, že tímto způsobem bylo zhotoveno hodně zařízení – fungu-jících.

Lékem proti nezdarům je jen poctivá příprava, podložená výpočtem. Jakkoliv je hodně amatérů, kteří při slově „počítat“ pociťují nepříjemné mrazení a zuby nehty se hledí této nepříjemné práci vy-hnout, nemůžeme se tomuto konstato-vání vyhnout. Pro částečné zadostiuči-nění těch, kteří sahají k výpočtu jen ne-radi, dodejme, že ani výpočet není vždy neomylným prostředkem k dosažení úspěchu.

Vzorce, kterých se v radiotechnických výpočtech používá, jsou totiž skoro ve všech případech jen orientační, přibliž-né – a pokud jsou opravdu matematicky přesné, platí jen pro ideální podmínky, jichž není možno v praxi nikdy dosáh-nout. A některé veličiny nelze ani pře-dem přesně dosadit, protože závisí na spoustě různých okolností, jež nelze vů-bec předem stanovit, nebo by nebylo hospodárné jejich vliv do výpočtu za-hrnout. Tu pak vyvstává další stránka konstrukční činnosti, totiž kontrola sho-dy mezi teorií a praxí, již uskutečňuje-me měřením.

Otázka měření je pro amatérskou díl-nu vždy jaksi ožehavá. Amatér rád staví zařízení, které hraje, ukazuje obrázky nebo něčím hýbe, ale už méně rád se dává do stavby pomůcek. Jenže s impro-visacemi daleko nedojdeme a protože nechceme ustrnout jen na stupni radio-

technického diluvia, vyvstává před kaž-dým naším amatérem otázka měřidel.

Je přirozené, že pro amatérskou dílnu, omezenou hlavně finančními prostřed-ky, nebudeme pořizovat měřidla s vy-sokou přesností, specialisovaná a tedy i nákladná. Hledíme vystačit s přístro-jem, který má pro praxi dostačující přesnost, kde  $\pm 10\%$  není závadou ne-překonatelnou, zato však je levný a co možná universálně použitelný. Tako-vým přístrojem je též měřidlo poklesu mřížkového proudu, známější pod jmé-nem grid-dipmetr.

Grid-dipmetr je jednoduchý, levný, a při vhodné úpravě umožňuje zjišťovat mnoho nejrůznějších veličin. Jeho hlav-ním oborem je měření kmitočtů. A už pro tento jediný druh měření by se vy-platilo jej postavit. Umožňuje totiž zjistit rezonanční kmitočet nejrůznějších sou-částek, aniž bychom měřenou součást vymontovávali, a přitom nemusí být měřený kmitavý obvod vůbec v provo-zu. Ze zjištěného kmitočtu pak lze vy-počíst – nebo z grafu rychle přečíst – kapacitu, indukčnost, ba i jakost kmita-vého obvodu, jejíž měření je vždy velmi obtížné. Z toho plyne universálnost to-hoto měřidla. Budeme jím předem na-stavovat indukčnosti cívek, které si sami navrhujeme a vineme, použijeme jej k sladování mezifrekvencí, oscilátoro-vých, vstupních a odlaďovacích cívek v přijímačích, a to nejen rozhlasových, ale i televizních a krátkovlnných pro amatérská pásma. Budeme jím ladit cívky vysílačů a nastavovat je do vy-mezeného pásma. Můžeme jej použít k sledování signálu při hledání závad, jako pomocného vysílače i jako absorpč-ního vlnoměru. Ve vysílací praxi se tento přístroj dále hodí jako monitor pro kontrolu funkce vysílače během vysílání, pro nastavování neutralisace, k promě-řování spojovacích linek, napaječů a dokonce i anten a k zjišťování kmitočtu krystalů.

Proměřovat lze zkrátka každou součást, která je schopna kmitat.

Jak to grid-dipmetr dokáže? Je to oscilátor, jehož kmitavý obvod volně vážeme na měřený obvod. Když obvod grid-dipmetru naladíme na kmitočet shodný s rezonančním kmitočtem měřeného obvodu, odssaje měřený obvod část energie z oscilátoru a miliampérmetr, měřící mřížkový proud elektronky, jíž je oscilátor osazen, ukáže pokles. Srdcem grid-dipmetru je tedy oscilátor.

Není problémem postavit oscilátor pro rozhlasové pásmo krátkých, středních nebo dokonce dlouhých vln. Použitelnost takového měřidla by však byla omezená jen pro určité případy. Chceme-li částku a námahu, vloženou do stavby grid-dipmetru, co nejúčelněji využít, pokusíme se postavit přístroj, který by byl použitelný na mnohem větším rozsahu kmitočtů. Je přirozené, že v době televise a kmitočtově modulovaného rozhlasu nás bude zajímat oblast vyšších kmitočtů. Z tohoto důvodu musíme hledět, aby přístroj spolehlivě pracoval hlavně na těchto vysokých kmitočtech, nad 30 MHz, neboť v této oblasti jsou na oscilátor kladeny mnohem přísnější požadavky; vždyť nastavení zpětné vazby a udržení stability kmitočtu činí značné potíže. Grid-dipmetr, kmitající na vysokých kmitočtech, pak lze upravit pro použití na nízkých kmitočtech rozhlasových už snadno; opačně to však nejde.

Jelikož většinou požadavky, které klademe v amatérské dílně na přesnost měření na těchto kmitočtech, nejsou veliké, vystačíme s přesností dosažitelnou tímto jednoduchým přístrojem. Samozřejmě i zde máme možnost konstrukci upravit podle možností domácí dílny, kapsy konstruktéra a účelu, pro který přístroj hodláme stavět. V dalším následuje popis dvou přístrojů, jednak jednoduchého a jednak náročnějšího mechanického provedení. Než však přistoupíme k vlastním popisům konstrukce, neuškodí, když si připomeneme blíže vlastnosti oscilátoru na metrových vlnách (t. j. pro oblast kmitočtů od 30 do 300 MHz). Oscilátor tvoří totiž jádro takového měřicího přístroje.

Ve většině případů jsou oscilátory na

metrové vlny (VKV) zapojovány stejným způsobem jako krátkovlnné oscilátory. Hlavní rozdíl u VKV oscilátorů spočívá však v konstrukci oscilačních obvodů. Kapacity a indukčnosti obvodů pro VKV pásma jsou mnohem menší než u krátkovlnných. Při malých hodnotách  $L$  a  $C$ , potřebných pro vysoký rezonanční kmitočet obvodů, počíná se silně uplatňovat mezelektrodová kapacita elektronky, kapacita montáže a samozřejmě i indukčnost spojovacích přívodů.

Tak na př. při délce vlny 3,5 m, t. j. pro kmitočet 86 MHz, mívají cívky obvykle 3 až 4 závity a jejich indukčnost bývá řádu desetin  $\mu\text{H}$ . Kapacita obvodu se vypočítá při známé indukčnosti z rovnice:

$$C = \frac{25\,300}{f^2 \cdot L} \text{ [pF; MHz, } \mu\text{H]}.$$

Když je na příklad indukčnost cívky  $L = 0,5 \mu\text{H}$ , obdržíme pro kmitočet  $f = 86 \text{ MHz}$ :

$$C = \frac{25\,300}{86^2 \cdot 0,5} = 6,85 \text{ pF}.$$

Jak patrně, je vypočítaná kapacita řádově stejně veliká jako kapacita elektrod elektronky. Také kapacity montáže jsou přibližně stejné hodnoty, neboť bývají obvykle několik pF.

Vysokofrekvenční proudy vysokých kmitočtů u VKV pásma snadno procházejí přes malé kapacity, jejichž jalový odpor na těchto kmitočtech bývá poměrně malý. Tak na příklad kondensátor o kapacitě 10 pF má na kmitočtu 86 MHz jalový odpor rovnající se:

$$X_C = \frac{159\,000}{f \cdot C} = \frac{159\,000}{86 \cdot 10} = 186 \Omega$$

[MHz, pF].

Pro znázornění velikosti indukčnosti spojovacích vodičů uvedeme, že jednoduchý rovný vodič má indukčnost řádově 1 až 2  $\mu\text{H}$  na metr délky nebo 0,01 až 0,02  $\mu\text{H}$  na centimetr délky. Při délce vodiče několik centimetrů je indukčnost již řádu desetin mikrohenry, t. j. srovnatelná s indukčností cívek. Blízkostí druhých vodičů nebo kovových stínění zmenšuje se sice indukčnost vodiče, přesto však zůstává stále značnou a její vliv na indukčnost obvodu nelze zanedbat.

Také induktivní jalový odpor spojovacích vodičů nelze zanedbávat. Tak na kmitočtu 86 MHz je jalový odpor vodiče o indukčnosti 0,1  $\mu\text{H}$  rovný:

$$X_L = 6,28 \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 86 \cdot 0,1 = 54 \, \Omega \, [\text{MHz}, \mu\text{H}].$$

Na těchto poměrně vysokých kmitočtech vzrůstají rychle ztráty ve vodičích a v dielektriku kondensátorů. Je proto třeba počítat s tímto stavem a konstrukce navrhovat tak, aby ztráty byly co nejmenší. U oscilátorů kmitajících na metrových vlnách jsou rezonanční odpory anodového obvodu  $R_z$  poměrně malé. Kdybychom použili pro obvod veliký kondensátor, obvyklý na delších vlnách, vyšla by hodnota potřebné indukčnosti malá a tím i rezonanční odpor takového okruhu nízký. Jak známo, je rezonanční odpor obvodu možné vyjádřit rovnicí:

$$R_z = \frac{10^6 \cdot L}{r \cdot C}$$

kde  $L$  znamená indukčnost obvodu v  $\mu\text{H}$

$C$  kapacitu v pF

$r$  ztrátový odpor obvodu v ohmech.

Na kmitočtu v pásmu VKV vycházejí pro rezonanční obvod již předem poměrně malé hodnoty indukčnosti a kapacity. V důsledku toho je i rezonanční odpor obvodu nízký. Tak na příklad bude-li  $L = 0,2 \, \mu\text{H}$ ,  $C = 16 \, \text{pF}$  a  $r = 10 \, \Omega$ , pak rezonanční odpor bude

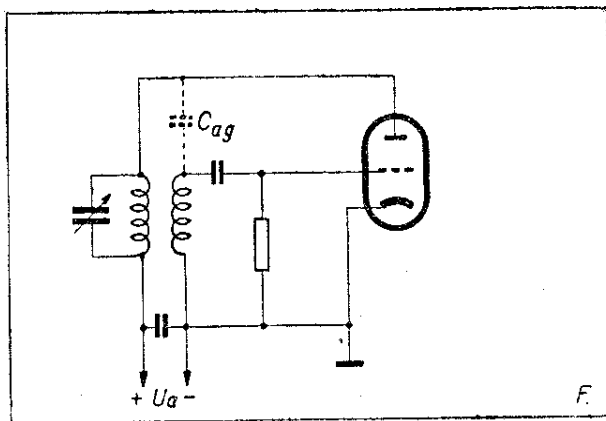
$$R_z = \frac{10^6 \cdot 0,2}{10 \cdot 16} = 1250 \, \Omega.$$

Při nízké hodnotě odporu  $R_z$  stává se pracovní oblast elektronky málo účinnou. Zlepšit činnost oscilátoru a zvýšit jeho účinnost je možné jedině pomocí speciálních obvodů s vysokým  $R_z$ .

U VKV oscilátoru vznikají často těžkosti s nastavením nejvhodnější zpětné vazby, protože rušivé kapacity a indukčnosti přívodů mají vliv na velikost a fázi proudu v obvodu zpětné vazby. Na různých kmitočtech je tento vliv různý. Proto čím je oblast pracovních kmitočtů oscilátorů širší, tím obtížnější je dosáhnout uspokojivých oscilací v celé oblasti kmitočtů.

Značný vliv na činnost obvodu oscilátoru má použitá elektronka. Ne všech elektronek, vhodných pro nižší kmitočty, může být použito v pásmu VKV. Je to z toho důvodu, že elektronka má mimo vnitřních mezelektrodoových kapacit ještě indukčnosti vývodů, které nelze zanedbat. Kromě toho počíná se projevovat u elektronek pracujících v oblasti kmitočtů od 100 MHz výše průletová doba elektronů. Jelikož doba, kterou potřebují elektrony, aby překonaly vzdálenost mezi elektrodami, je srovnatelná s dobou trvání vysokofrekvenčního kmitu, není ovládání proudu elektronů fázově úplně čisté. Můžeme si to vysvětlit blíže následujícím způsobem. V době, kdy opouští elektron katodu, je mřížka na příklad na záporném potenciálu. Než však elektron stačí překlenout vzdálenost až k mřížce, stává se tato již povolna kladnější. Elektron, který byl původně určen k tomu, aby jej mřížka zabrzdila, naopak je touto přitahován a po případě na ni dopadá. Za tohoto stavu je jasné, že je třeba k řízení toku elektronů již určitého výkonu. Mohli bychom to přirovnat k těžkému kyvadlu, které se snažíme rozhoupat rychleji než je jeho vlastní kmitočet. Čím rychleji chceme tímto kyvadlem pohybovat (t. j. jinými slovy, čím je kmitočet, na kterém pracuje naše elektronka, vyšší), tím větší je i síla potřebná k udržování kyvadla v chodu. Za tohoto stavu je s rostoucím kmitočtem výkon dodávaný oscilátorem menší a jeho účinnost klesá, zatím co ztráty energie, vynaložené na řízení elektronky, stoupají. Proto je možné na vyšších kmitočtech v pásmu VKV používat pouze elektronek určených pro oblast těchto kmitočtů. Jde v první řadě o elektrony, které mají malé mezelektrodové kapacity a malou indukčnost přívodů. Všimněme si v dalším možnosti zapojení laděných obvodů a elektronek v oscilátorech pro oblast VKV kmitočtů.

Oscilátory lze zapojovat buď s induktivní, autotransformátorovou nebo kapacitní zpětnou vazbou. Zřídka se setkáváme se zapojeními, používanými i na delších vlnách. Tak na př. oscilátoru s induktivní zpětnou vazbou a s laděným obvodem v anodě se používá



Obr. 1.

poměrně zřídka (obr. 1). U tohoto oscilátoru má velmi škodlivý vliv kapacita mezi anodou a mřížkou, pozůstávající z kapacity  $C_{ag}$  a kapacit mezi vodiči a cívkami anodového a mřížkového obvodu.

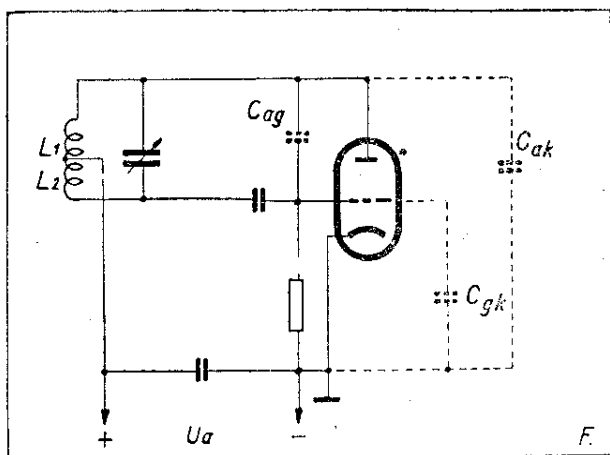
Tato kapacita je na obr. 1 naznačena čárkovaně. Přes tuto kapacitu vzniká silná dodatečná zpětná vazba, která v závislosti na nastavení  $LC$  obvodu a hodnot mřížkového obvodu může podporovat induktivní zpětnou vazbu nebo působit proti ní. V důsledku toho je zpětná vazba jednou silnější nebo slabší a proto i kmity generátoru jsou nerovnoměrné. Obzvláště je tomu tak, má-li oscilátor pracovat nejen na jednom kmitočtu, ale na více kmitočtových pásmech. Přemístění kondensátoru z anodového obvodu do mřížkového má jedinou výhodu v tom, že je možné uzemnit rotor

otočného kondensátoru. Ostatní nevýhody, o kterých zde byla již řeč, zůstávají i nadále v platnosti.

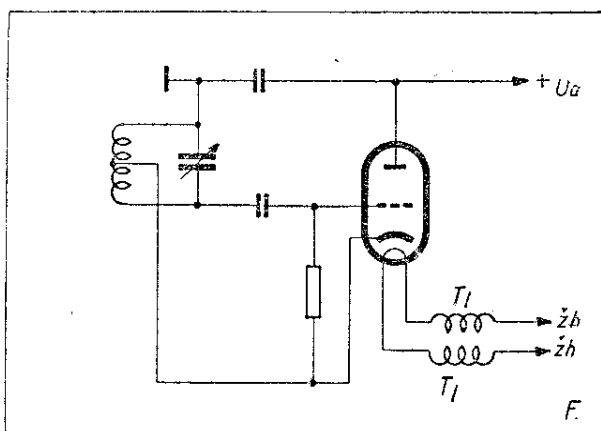
Oscilátoru zapojeného s autotransformátorovou zpětnou vazbou se používá poměrně často. Zde je kapacita anoda - mřížka připojena paralelně k ladicímu kondensátoru a snižuje pouze vlastní kmitočet  $LC$  obvodu. Naproti tomu kapacita anoda - katoda  $C_{ak}$  (obr. 2) je připojena paralelně k cívce  $L_1$  a kapacita  $C_{gk}$  je připojena paralelně k části cívky  $L_2$ , ze které se odebírá napětí pro zpětnou vazbu pro udržení kmitů. Tyto dvě kapacity mají značný vliv na zpětnou vazbu, protože upravují rozložení napětí na obou částech cívky.

Nevýhoda oscilátorů zapojených podle obr. 2 spočívá v tom, že nelze uzemnit rotor ladicího kondensátoru. Tento nedostatek je někdy odstraňován zapojením podle obr. 3. Zde je anoda elektronky vysokofrekvenčně uzemněna a katoda elektronky naproti tomu je na vysokofrekvenčním potenciálu. Pak je ovšem třeba elektronku žhavit přes tlumivky. Katoda je stejnosměrně uzemněna přes laděný obvod. Zapojení podle obr. 3 je možné modifikovat tím způsobem, že se místo anody uzemní mřížka. Takto zapojený oscilátor je méně výhodný, protože pak je třeba zapojovat tlumivku do anodového obvodu; tato tlumivka je pak paralelně zapojena k ladicímu obvodu (viz obr. 4).

U oscilátoru s uzemněnou anodou nebo uzemněnou mřížkou se nesmí za-



Obr. 2.



Obr. 3.

pomínat na vložení tlumivek do žhavicích přívodů. Kdybychom tak neučinili, pak by k laděnému obvodu byla připojena poměrně značná kapacita mezi katodou a vláknem. Používání tlumivek se však pokud možno vyhýbáme, protože jako každá cívka mají mimo indukčnosti ještě i kapacitu, takže jde vlastně o laděné obvody, které pak působí v závislosti na pracovním kmitočtu nerovnoměrnosti ve velikosti oscilací. Při nevhodně dimensovaných tlumivkách se stává, že jejich rezonanční kmitočet se dostane do pracovního kmitočtového pásma a může působit vysazení oscilací (t. zv. díry v oscilaci).

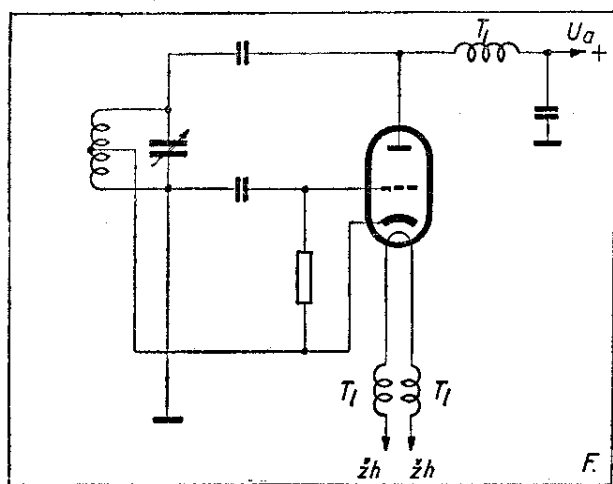
Nejčastěji ze všeho jsou však používány obvody, ve kterých dělič napětí pro zpětnou vazbu pozůstává z mezielektrodových kapacit elektronky. Zapojení takového oscilátoru vidíme na obr. 5. Na tomto obrázku jsou kresleny čárkovaně kapacity anoda–katoda  $C_{ak}$  a mřížka–katoda  $C_{gk}$ , které tvoří dělič napětí pro zpětnou vazbu. Kapacita anoda–mřížka  $C_{ag}$  je přitom zapojena paralelně k obvodu. Anodové napájení je u tohoto oscilátoru možno provádět buď podle obr. 5, nebo je možno napájecí přívod zapojit na mřížkový konec laděného obvodu.

Na obr. 5 je vedeno anodové napájení přes odpor  $R_a$ , který je ve skutečnosti připojen paralelně přes blokovací kondensátor mezi přívodem  $U_a$  a katodou ke kondensátoru  $C_{ak}$ , tedy i para-

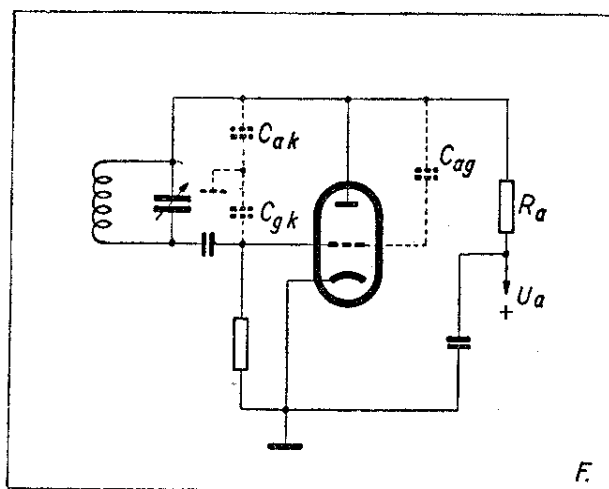
lelně k obvodu. Aby tento odpor příliš nezatěžoval laděný obvod a nesnižoval tak zbytečně jeho jakost, je třeba volit jej dostatečně veliký. Na druhé straně nelze jeho hodnotu příliš zvyšovat, protože průtokem anodového proudu elektronky zvyšuje se na něm úbytek na spádu a tím se snižuje výsledné napětí na anodě. Proto bývá jeho hodnota volena řádově 10 k $\Omega$ . Odpor je výhodnější než tlumivka, protože, jak jsme již uvedli, nelze sestavit tlumivku bez vlastní resonance, která pak buď svým základním kmitočtem nebo harmonickým kmitočtem může být v pracovní oblasti oscilátoru. Důsledek toho pak je již dříve zmíněné vysazování oscilací.

U takovýchto oscilátorů závisí velikost zpětné vazby od vzájemného poměru kapacit  $C_{ak}$  a  $C_{gk}$ , který nemusí vždy být nejvýhodnější. Proto lze často zlepšit činnost oscilátoru připojením malé kapacity několika málo pF paralelně buď ke kapacitě  $C_{ak}$  nebo  $C_{gk}$ . Takováto malá kapacita může být na př. provedena jako dva tuhé vodiče v délce několika málo centimetrů, vedené těsně vedle sebe. Je však třeba pamatovat na to, že i tato kapacita je zapojena paralelně k části laděného obvodu a má proto vliv na nastavený kmitočet. V zájmu co největší stability kmitočtu oscilátoru musí být i tato přídavná kapacita provedena mechanicky co nejstabilněji.

Oscilátory zapojené podle obr. 5 mívají právě vlivem příliš velké kapacity



Obr. 4.



Obr. 5.

anoda-mřížka sklon k divokým oscilacím. Takovéto divoké oscilace se projevují mnohonásobnými zázněji, které jsou jako vějíř rozloženy kolem středního kmitočtu oscilátoru. Zamezit takovými divokými oscilacím lze snadno zmenšením velikosti zpětné vazby, které provedeme malou kapacitou připojenou paralelně mezi mřížku a katodu.

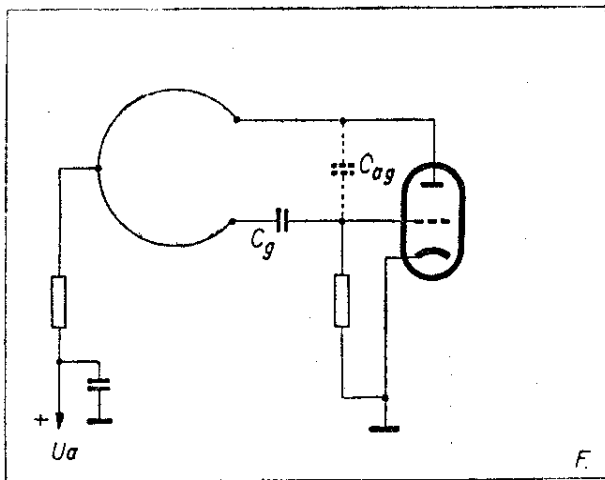
Napájení oscilátoru je možno provést také tím způsobem, že na cívce laděného obvodu se provede odbočka, a sice v místech, kde napětí je vysokofrekvenčně na nulovém potenciálu. Elektricky to znamená stejné místo jako střední spoj mezi kondensátorem  $C_{ak}$  a  $C_{gk}$ . Anodový přívod je pak prakticky vysokofrekvenčně na nulovém potenciálu. Možnost vyzařování po tomto přívodu je pak silně omezena. Ovšem znamená to opatřit cívku odbočkou, kterou je nutno zjistit zkusmo podle použité elektronky a montáže. V takovémto případě je možno místo odporu zapojit i tlumivku, která pak prakticky přestává mít vliv na činnost oscilátoru. V ideálním případě by nebylo třeba ani tlumivky, ani oddělovacího odporu. Protože však není tak snadné nalézt správné místo pro odbočku a hlavně proto, že její poloha se mění s kmitočtem, je nutné oscilátor tímto oddělovacím členem opatřit.

Při stoupajícím pracovním kmitočtu je nutné snižovat indukčnost a ladicí kapacitu cívky. Dostáváme se pak k mez-

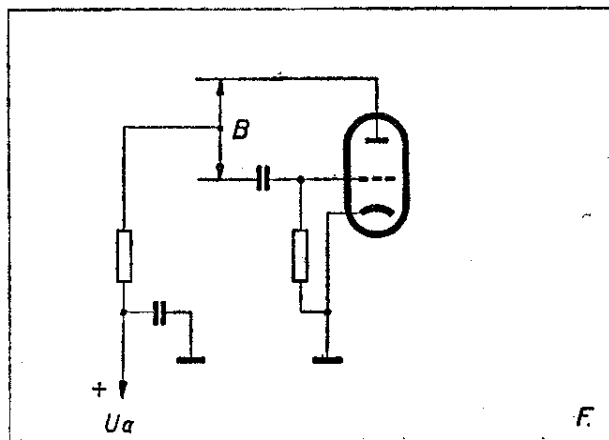
nímu případu naznačenému na obr. 6, kde cívka pozůstává z jediného závitu a ladicí kapacita je cele tvořena mezi-elektrodovými kapacitami elektronky. U tohoto zapojení je obtížné měnit kmitočet obvodu, protože připojení dodatečné ladicí kapacity paralelně ke kapacitě  $C_{ag}$  znamená zvýšení celkové ladicí kapacity a tím i snížení indukčnosti obvodu při zachování původního kmitočtu. Tato úprava by vedla k menším výsledným rezonančním odporům obvodu. Nižší rezonanční odpor obvodu má ale za následek nižší nabuzené napětí, což vede k tomu, že elektronka s menší strmostí se s takovýmto obvodem již nerozkmitá. Všimněme si však dále, že kapacita  $C_{ag}$  je připojena paralelně k obvodu přes mřížkový kondensátor  $C_g$ . Pak je možné změnou velikosti tohoto kondensátoru měnit i kmitočet laděného obvodu. Průběh ladění je však poněkud nerovnoměrný a největší změny kmitočtu nastávají u otevřeného kondensátoru.

Velikost oscilací se při tomto způsobu ladění mění poměrně značně. Zůstává i nevýhoda, že kondensátor musí být izolovaně upevněn.

Tam, kde jsou žádány velké změny v kmitočtu, je výhodnější použít zapojení podle obr. 7. Zde indukčnost obvodu není již tvořena vodičem stočeným do tvaru cívky, ale dvěma souběžnými vodiči, které tvoří linku. Běžcem  $B$  se pak mění elektrická efektivní délka



Obr. 6.



Obr. 7.

linky a tím samozřejmě i kmitočet oscilací. Theoreticky je délka takovéto linky rovná přesně čtvrtině vyráběné vlnové délky. Jelikož však je linka na jednom konci zakončena kapacitami elektronky, je ve skutečnosti délka obou vodičů kratší než délka čtvrtvlny. Zpětná vazba se v takovémto obvodu zavádí přes vnitřní kapacitu elektronky, t. j. přes známý dělič napětí, tvořený kapacitami  $C_{ak}$  a  $C_{gk}$ . Má-li být zmenšen vliv mřížkové svodu a mřížkové kapacity na délku vlny, pak je možné zapojení upravit do tvaru uvedeného na obr. 8. Zde úlohu mřížkového svodu zastává kondensátor  $C$ , který současně tvoří vysokofrekvenční zkrat v běžci ukončujícím linku. Tento kondensátor není na úplně nulovém vysokofrekvenčním potenciálu, takže i zde je třeba zapojit oddělovací napájecí odpor.

Připomeneme ještě, že oscilátor s linkou je obzvláště vhodný pro oscilátory pracující na decimetrových nebo dokonce centimetrových vlnách (viz též AR č. 6/56). Jeho velkou předností je poměrně značná kmitočtová stálost, která je lepší než u oscilátorů s cívkovým obvodem. Mimo to vyšší rezonanční odpor linky dovoluje dosáhnout výhodnějšího pracovního stavu oscilátoru.

Dobrych výsledků lze dosáhnout též s oscilátory pracujícími v dvojčinném zapojení. U takovéhoho oscilátoru jsou mezelektrodové kapacity zapojeny do serie, čímž se jejich celková hodnota zmenšuje na polovinu. V důsledku toho

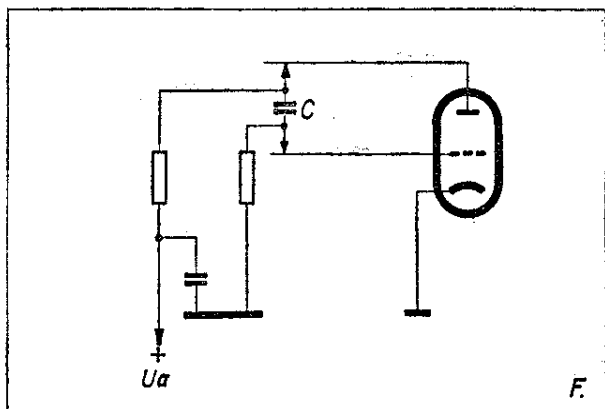
mají i mezelektrodové kapacity menší vliv na kmitočet obvodu. S takovýmto oscilátorem při jinak stejných podmínkách je možno dosáhnout vyšších kmitočtů než v zapojení s jediným elektronkovým systémem.

Aby dvojčinný oscilátor dobře pracoval, je třeba použít v něm elektronek s pokud možno stejnými charakteristikami a mezelektrodovými kapacitami. Jelikož v praxi jak elektronky, tak i druhé použité součástky připojené k oběma polovinám dvojčinného oscilátoru nebývají přesně stejné, je zapojení takovéhoho oscilátoru více nebo méně nesymetrické. Střední odbočka za tohoto stavu není přesně na nulovém potenciálu. Je proto třeba do anodového přívodu zapojovat oddělovací odpor nebo tlumivku, který zamezuje vyzařování vf energie. Tento oddělovací člen však nesympetrizuje obvod. Symetrie by se dosáhlo jedině vyvedením odbočky přesně v bodě nulového vf napětí na cívce.

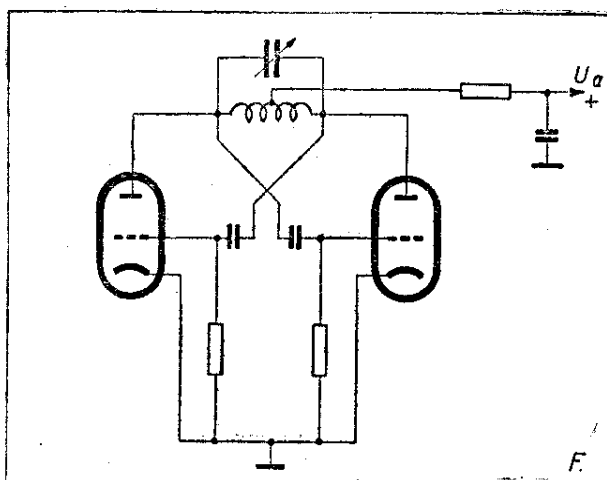
Existuje ještě mnoho různých zapojení VKV oscilátorů. Avšak šířit se o těchto oscilátorech není třeba, protože uvedená zapojení dovolí učinit si představu o hlavních typech a o jejich vlastnostech.

Přejdeme proto raději ke zkoumání vlastností elektronek s hlediska jejich použitelnosti pro VKV obvody.

Obyčejné diody, triody a jiné elektronky, určené pro dlouhé a středovlnné rozsahy, většinou nepracují správně v oblasti metrových vln. Prozkoumá-



Obr. 8.



Obr. 9.

me proto nejdříve příčiny neuspokojivé činnosti těchto elektronek a také vlastnosti elektronek, určených pro použití ve VKV zařízení.

Jak jsme již poznali, je mezi dvěma libovolnými elektrodami v každé elektronce jistá kapacita. Mimo to přívod ke kterékoliv elektrodě má určitou indukčnost. Na obr. 10 jsou schematicky naznačeny jak kapacity, tak i indukčnosti elektronky. Na tomto obrázku je uvedeno i náhradní zapojení těchto kapacit a indukčností. Tyto kapacity a indukčnosti mají velký vliv na činnost elektronky v oblasti velmi krátkých vln. Především mění hodnoty ladicích obvodů připojených k elektronce. V důsledku toho snižují nejvyšší kmitočet, na který mohou být oscilátory nastaveny.

Pro každou elektronku existuje hraniční kmitočet, který se nazývá rezonančním kmitočtem elektronky. Tento kmitočet odpovídá kmitočtu laděného obvodu při spojení mřížky a anody nakrátko. Tak na př. spojíme-li mřížku a anodu triody nakrátko (přes kondenzátor, tak jak je to naznačeno čárkovně na obr. 10 vpravo spojem  $L_v$ ), vytvoří se obvod o kapacitě

$$C = C_{ag} + \frac{C_{ak} \cdot C_{gk}}{C_{ak} + C_{gk}}$$

$$\text{a indukčnosti } L = L_a + L_g + L_v$$

kde  $L_v$  = indukčnost vodiče zkratujícího anodu s mřížkou.

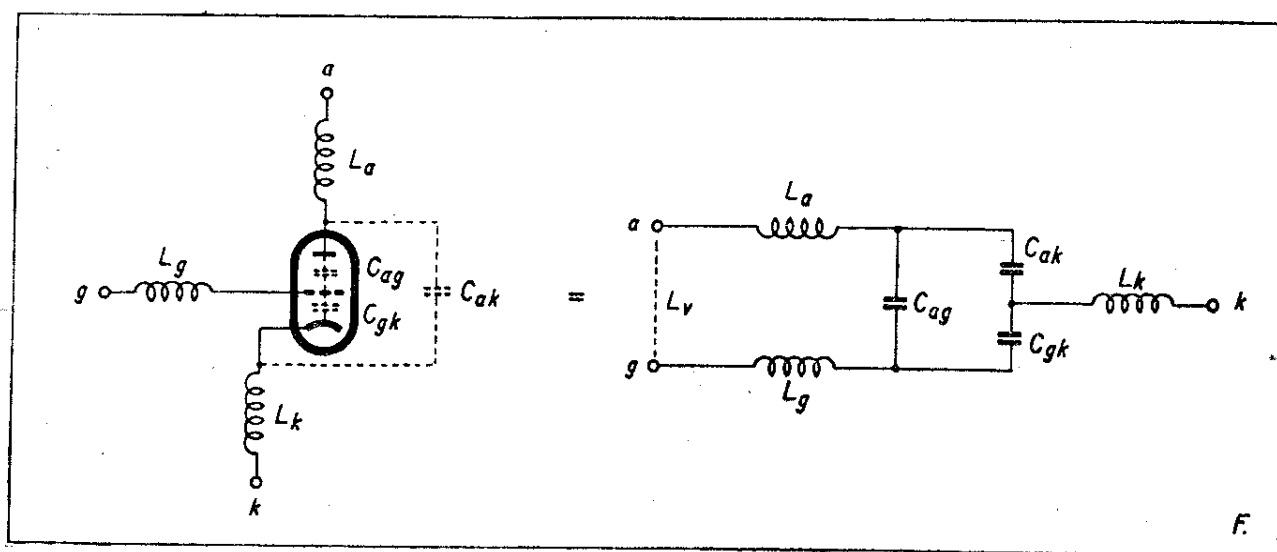
Činnost elektronky s jakýmkoli vnějším obvodem je možná jedině na kmitočtu nižším, než je rezonanční kmitočet elektronky daný indukčností  $L$  a právě vypočítanou kapacitou  $C$ .

U elektronek staršího provedení může být tento rezonanční kmitočet elektronky poměrně nízký. Tak na př. pro elektronku o celkové kapacitě  $C = 10$  pF a indukčnosti přívodů  $L = 0,4$   $\mu$ H je rezonanční kmitočet dán rovnicí

$$f_e = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-11}}} \approx \\ \approx 80 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 80 \text{ MHz},$$

což odpovídá délce vlny přibližně 3,75 m. Je zřejmé, že taková elektronka se nehodí pro VKV pásma, protože při zapojení jakéhokoli vnějšího obvodu dosáhne se vždy rezonančního kmitočtu značně nižšího než 80 MHz.

Mimo vliv na výši kmitočtu, mají indukčnosti a kapacity elektronky další nežádoucí vliv, projevující se kladnou nebo zápornou zpětnou vazbou a fázovými zdvihy, které v mnohých případech zhoršují činnost zařízení. Obzvláště veliký vliv na činnost elektronky má indukčnost katodového přívodu  $L_k$ . Jelikož je zapojena jak do anodového obvodu, tak i do mřížkového obvodu, vzni-



Obr. 10.

ká na ní značná zpětná vazba, která mění pracovní stav elektronky a hlavně snižuje vstupní odpor elektronky mezi mřížkou a katodou.

Mimo kapacit a indukčností elektronky uplatňuje se v oblasti VKV i setrvačnost elektronů. Na velmi vysokých kmitočtech má průletová doba elektronu v elektronce velký vliv na činnost elektronky. Přesto, že doba potřebná k překlenutí vzdálenosti mřížka–katoda je zdánlivě velmi krátká ( $10^{-8} \div 10^{-10}$ s), stává se srovnatelnou s dobou trvání 1 kmitu. V důsledku toho elektronka přestává být bezsetrvačným zařízením. Proto se také říká, že u VKV zařízení se počíná projevovat setrvačnost elektronů.

Setrvačnost pohybu elektronů v elektronce má za následek škodlivé fázové zdvihy, které skreslují průběh anodového proudu a mají za následek vznik značných mřížkových proudů. V důsledku toho prudce klesá vstupní odpor elektronky, stoupají ztráty v mřížkovém i anodovém obvodu a klesá i amplituda a užitečný výkon oscilátoru.

Setrvačnost elektronů nemá prakticky vliv v oblasti kmitočtů nižších, t. j. u vln krátkých, nebo dokonce středních. V případě, kdy doba trvání 1 kmitu  $T$  je mnohem delší než průletová doba elektronů v elektronce  $t_{pr}$ , pak střídavá napětí na elektrodách elektronky se za dobu průletu mnoho nezmění. V takovémto případě je možné nahlížet na činnost elektronky jako bezsetrvačnou. Elektron proletí vzdálenost mezi katodou a anodou při stálém a nezměněném napětí na elektrodách. To značí, že pohyb elektronů probíhá podle obvyklých zákonů bez jakýchkoliv nových jevů a že anodový proud se mění přesně v souladu se změnami mřížkového napětí. Střídavá napětí na anodě jsou fázově posunuta o  $180^\circ$  proti napětí na mřížce.

Situace je však zcela jiná v případě, kdy průletová doba se stává srovnatelnou s dobou trvání kmitu. Velká část průletové doby elektronu v elektronce připadá na dobu potřebnou k překlenutí vzdálenosti mezi katodou a mřížkou.

Na této dráze jsou urychlující potenciální rozdíly poměrně malé. Všimneme si pro názornost případu, kdy doba průletu v této části elektronky se rovná po-

lovině doby trvání jednoho kmitu a pracovní bod elektronky je nastaven na začátku charakteristiky. Na nízkých kmitočtech by při takovémto nastavení pracovního bodu elektronka pracovala v zapojení třídy B. To znamená, že anodový proud by se objevoval v době kladných půlvln stř. napětí na mřížce a v době záporných půlvln by elektronka byla uzavřena.

V případě, kdy  $t_{pr}$  se rovná  $0,5 T$ , elektronka pracuje zcela odlišným způsobem. Elektrony, které započaly svoji pouť od katody v okamžiku začátku kladné půlvlny, proniknou ke mřížce na konci této půlvlny. Následující elektrony, které započaly svoji pouť později, nedoletí k mřížce v době kladné půlvlny. Tyto elektrony budou ještě na cestě, když střídavé napětí na mřížce již mění svoji polaritu a v důsledku toho elektrické pole mezi katodou a mřížkou bude brzdit tok těchto elektronů. Mnohé elektrony budou zastaveny, nedoletí až k mřížce a vrátí se ke katodě. To zvláště platí pro elektrony, které započaly svoji pouť od katody na konci kladné půlvlny, protože se téměř okamžitě dostávají do oblasti brzdícího pole.

Návrat části elektronů zpět na katodu zmenší velikost změn anodového proudu. Je jasné, že se takto zmenší i užitečný výkon elektronky. Mimoto vracející se elektrony bombardují katodu, která v důsledku toho je dodatečně ohřívána. Výkon potřebný pro toho vyhřívání se odebírá zdroji stř. mřížkového napětí.

Elektrony, kterým se podařilo proniknout skrze mřížku, dostávají se do oblasti mezi mřížkou a anodou v době, kdy napětí na mřížce se stává záporným. V důsledku toho se zvětšuje potenciální rozdíl mezi anodou a mřížkou a elektrony jsou více urychlovány.

Proto elektrony dopadají na anodu se zvýšenou rychlostí. Průzkum ukázal, že když mezi elektrodami elektronky proletají elektrony, pak v odpovídajících vnějších obvodech teče elektrický proud. Tento proud je buzen přiblížením nebo vzdalováním elektronů od mřížky elektronky, a to i tenkrát, když elektrony nedopadají na elektrody. Na nízkých kmitočtech, kde průletová doba elektronů je mnohonásobně menší doby

trvání kmitu, je proud, vzbuzený v obvodu mřížky přibližujícími se elektrony, ve fázi s mřížkovým napětím a proud buzený vzdalujícími se elektrony rovný velikosti proudu buzenému přilétajícími elektrony. Oba proudy mají vzájemně pootočenou fázi o  $180^\circ$ . Na nízkých kmitočtech se proto tyto proudy vzájemně ruší a výsledný proud je nulový.

V oblasti velmi krátkých vln v okamžiku, kdy vysokofrekvenční napětí na mřížce elektronky má kladnou amplitudu, je přitahovaný proud elektronů největší. Následující okamžik, kdy napětí na mřížce se zmenšuje, odlétá z katody k mřížce menší počet elektronů. Avšak první část elektronů v tomto okamžiku ještě nedosáhla mřížky a je na cestě mezi katodou a mřížkou. Napětí na mřížce postupně klesá, takže klesá i množství elektronů, přitahovaných od katody. Původně přitahovala mřížka velký počet elektronů, který dříve než doletěl k mřížce, je již palem brzděn a vrácen zpět ke katodě. Na cestě zpět se setkává s jinými elektrony, které již letí ke mřížce. Tímto způsobem se vytvoří uvnitř elektronky proud elektronů, který se přemisťuje sem a tam a vytváří tak zvláštní druh pohybující se vlny.

V době, kdy první část elektronů došla mřížky, změní se na mřížce fáze napětí, v důsledku čehož proudové maximum, vzbuzené pohybem elektronů v její blízkosti, nebude souhlasit s maximum napětí. Takovýmto způsobem nastane mezi nabuzeným proudem a napětím na mřížce fázový zdvih. Fáze nabuzovaného proudu na elektrodách elektronky není stálá a mění se v závislosti na vzdálenosti elektronů od mřížky.

Mřížkový proud vzbuzený přibližujícími se elektrony má pak jistý fázový zdvih vzhledem k mřížkovému napětí.

Po proniknutí mřížkou letí elektrony velkou rychlostí k anodě. Proto doba, potřebná k překlenutí této vzdálenosti, je malá a fáze proudu, vzbuzovaného v mřížce vzdalujícími se elektrony, nestačí se změnit. Tento druhý proud v obvodu mřížky již není fázově posunutý o  $180^\circ$  proti mřížkovému proudu, vzbuzenému přibližujícími se elektrony. Proto také se tyto proudy již nemohou vzájemně úplně rušit. Zbytkový proud

pozůstává jak z reálné, tak i jalové složky a působí v mřížkovém obvodu ztráty, které se projevují jako zmenšení vstupního odporu elektronky. Jalová složka proudu mění mimoto velikost vstupní kapacity.

Průletová doba elektronů nemá však jen vliv na vstupní odpor elektronky. V okamžiku, kdy elektrony dopadají na anodu elektronky, změnilo se již napětí na mřížce a v důsledku toho je i mezi střídavým napětím na mřížce a střídavou složkou anodového proudu fázový zdvih. Tento zdvih je tím větší, čím vyšší je kmitočet zpracovávaného napětí a větší vzdálenost mezi mřížkou a anodou. Pokud elektronka pracuje jako vysokofrekvenční zesilovač, pak fázový zdvih anodového proudu vůči mřížkovému napětí nemá zvláštní důležitost. Jakmile však elektronka je zapojena jako oscilátor, brání tento zdvih fáze činnosti elektronky, protože ztěžuje možnost vzniku oscilací a působí na jejich kmitočet. Bude-li fázový zdvih pootočen o  $180^\circ$  proti obvyklému stavu, pak žádná z obvyklých zapojení oscilátoru neumožní vznik oscilací.

Současně se zmenšováním vstupního odporu elektronky při stoupajícím kmitočtu elektronky prudce klesá i její výstupní, t. j. vnitřní odpor.

Setrvačností elektronů se zmenšuje střídavá složka anodového proudu, zvětšují se ztráty na anodě, katoda se dodatečně vyhřívá od vracejících se elektronů (toto má důležitost hlavně u výkonových generátorů, s hlediska zatížení mřížkového obvodu je však nemůžeme zanedbat ani u oscilátorů, dodávajících velmi malý výkon) a zmenšuje se vstupní odpor elektronky. Mimo ztrát, vznikajících setrvačností elektronů v elektronce, existuje ještě řada dalších ztrát. Povrchový jev (t. zv. skineffekt) působí, že ztrátový odpor elektrod a přívodů k elektrodám roste s kmitočtem. Po povrchu těchto přívodů protékají značné proudy, které přívody bez užitku vyhřívají. Mimo to v pásmu VKV prudce stoupají všechny ztráty v dielektriku, nacházejícím se pod vlivem střídavého elektrického pole. To platí částečně i pro skleněnou baňku elektronky.

Velké ztráty v elektronkách snižují účinnost a zvyšují mimořádně ohřev samotných elektronek a samozřejmě prudce snižují jakost obvodů, ke kterým je elektronka připojena. Obvody, provedené jako rezonanční linky, mají samy o sobě vysokou jakost  $Q$ , která má hodnotu několika tisíc i desítek tisíc. Jakmile připojíme elektronku k obvodu, klesne jakost na hodnotu jen několika málo set. Tento jev lze přirovnat k jevu, který nastane, když paralelně k obvyklému laděnému obvodu připojíme malý ohmický odpor. Pro práci v oblasti VKV byly v posledních letech vyvinuty speciální elektronky malých rozměrů a výhodných vlastností. Jde v první řadě o serii tak zvaných miniaturních elektronek. Nejčastěji používané elektronky pro vysokofrekvenční obvody jsou typu 6F32 a 6CC31.

Kromě těchto uvedených elektronek existuje celá řada elektronek speciálních, které dovolují práci na kmitočtech decimetrových a i centimetrových. Jsou to v první řadě elektronky s několikanásobně vyvedenými elektrodami (LD1) nebo speciálního provedení a tvaru, na př. tak zvané majákové triody nebo tužkové triody, které umožní práci do 2000 MHz i vyš.

Mimo elektronek, o kterých jsme si zevrubně pohovořili, má na činnost VKV obvodu velký vliv konstrukční provedení ladicích obvodů. Prvořadým požadavkem je velká stálost kmitočtu. Té nelze dosáhnout bez stabilně stavěných ladicích obvodů. Aby ladicí obvod měl co největší stabilitu kmitočtu, je třeba k jeho zhotovení používat součástek s pokud možno nejmenším teplotním koeficientem, po případě obvod tepelně kompenzovat. Kde obzvláště záleží na stabilitě, zhotovují se cívky bez kostry z tlustého měděného vodiče nebo měděné trubky, nebo se vinou na kostry z keramiky nebo trolitulu. Zvlášť důležité je, aby cívka byla mechanicky pevná. V případě, kdy nebude dostatečně pevně uchycena, nebo její závity se budou chvět při případném úderu, pak indukčnost se bude měnit, což se projeví ve značné nestabilitě kmitočtu obvodu. Velikou stabilitou se vyznačují cívky, vpalované do keramických koster.

V amatérských podmínkách je možno zhotovovat stabilní cívky z drátu vyhřátého asi na  $100^{\circ}\text{C}$  a navíjeného se značným tahem. Takovéto cívky jsou zapotřebí všude tam, kde záleží na dobré stabilitě obvodu.

Při zhotovování cívek neděláme jejich průměr příliš veliký, protože to vede k zvětšení ztrát, vznikajících vyzařováním, a indukování proudu v okolních kovových předmětech a dielektrikách. Obvykle bývá průměr cívek asi 10 mm až 40 mm. Aby se ztráty zmenšily, je žádoucí umístit cívky pokud možno co nejdále od kovových předmětů. Indukčnost cívek v  $\mu\text{H}$  je možné přibližně vy počítat podle rovnic

$$L = \frac{a^2 \cdot n^2}{23a + 25b}$$

v případě, kdy  $b$  je větší než  $a$ ,

$$L = \frac{a^2 \cdot n^2}{20a + 28b}$$

pro případ, kdy  $b$  je menší než  $a$ .

V těchto rovnicích značí  $a$  poloměr;  $b$  délku cívky a  $n$  počet závitů (viz obr. 11).

Tak na př. když cívka má 5 závitů o průměru 4 cm (poloměr  $a = 2$  cm) a délku vinutí  $b$  rovnou 4 cm, bude její indukčnost

$$L = \frac{2^2 \cdot 5^2}{23 \cdot 2 + 25 \cdot 4} = \frac{100}{46 + 100} = \frac{100}{146} \doteq 0,69 \mu\text{H}.$$

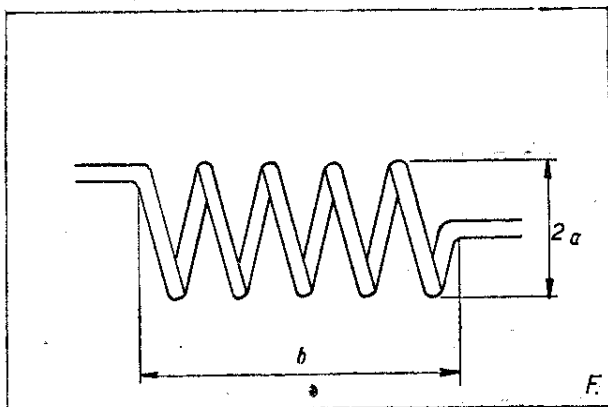
V praxi se obvykle hledá potřebný počet závitů cívky pro potřebnou indukčnost, při čemž se do rovnic dosazují rozměry cívky. Výpočet v takovémto případě se provádí podle rovnic:

$$n = \frac{\sqrt{L(23a + 25b)}}{a}$$

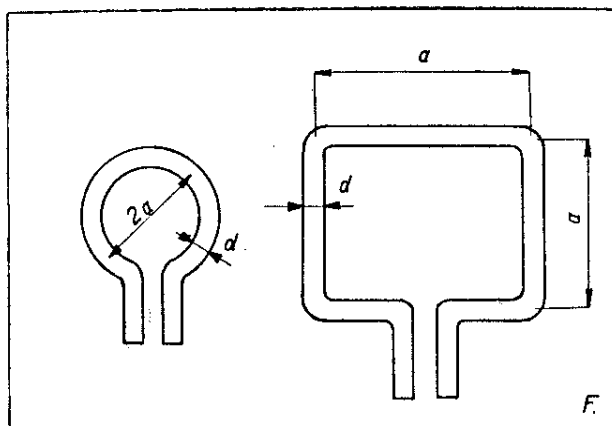
pro případ, kdy  $b$  je větší než  $a$ , a

$$n = \frac{\sqrt{L(20a + 28b)}}{a}$$

pro případ, kdy  $b$  je menší než  $a$ .



Obr. 11.



Obr. 12.

Na příklad hledáme počet závitů pro cívku, která má mít  $L = 0,5 \mu\text{H}$   $a = 1 \text{ cm}$ ,  $b = 3 \text{ cm}$ .

Počet závitů

$$n = \sqrt{0,5 (23 + 25 \cdot 3)} = \sqrt{49} = 7 \text{ závitů.}$$

V některých případech se používají v obvodech cívky v podobě jediného závitů, a to buď kulatého nebo čtvercového tvaru.

Indukčnost takovýchto cívek podle obr. 12 je možno určit z připojené tabulky.

Jak bylo již dříve řečeno, značnou část kapacity obvodů tvoří mezelektrodová kapacita samotné elektronky. Pro ladění obvodu na potřebný kmitočet se používá malých kondensátorů s max. kapacitou asi 30 pF.

Takovýto kondensátor má být vždy se vzdušným dielektrikem. V případě, kdy se používá pro ladění kondensátorů zhotovovaných nebo upravovaných v domácí dílně, je třeba věnovat obzvláštní pozornost pevnému mechanickému provedení. Jakákoliv vůle rotoru

nebo dokonce tření desek je nepřijatelné. Vůle má za následek změnu kapacity a v důsledku toho změnu kmitočtu; tření desek může ohrozit elektronku zkratem anodového napětí na mřížku. Pro izolaci mezi statorem a rotorem se vždy doporučují jakostní dielektrické materiály. Nejlépe zde vyhoví, jako ostatně pro celou montáž VKV obvodů, keramika nebo trolitul. Je možné také používat plexiskla, je však třeba počítat s tím, že ztráty v dielektriku jsou poněkud vyšší než u trolitulu. Nedoporučuje se jako izolačního materiálu používat bakelitu nebo pertinaxu, protože ztráty v těchto materiálech jsou ještě vyšší.

U kondensátorů s proměnnou kapacitou působí často potíže třecí dotek rotoru. Takovýto dotyk má poměrně značný a přitom nestálý přechodový odpor, který vnáší do obvodu značné ztráty a svými změnami má za následek nestálou činnost oscilátoru. Provádět zemnění rotoru pomocí ohebného vodiče je zcela nevhodné, protože takovýto vodič má velmi značnou indukčnost. Ve VKV

Průměr závitů nebo délka strany čtverce cm	Indukčnost kulatého závitu v $\mu\text{H}$ při $\varnothing$ drátu v mm			Indukčnost čtvercového závitu v $\mu\text{H}$ při $\varnothing$ drátu v mm		
	1,5	2	4	1,5	2	4
5	0,24	0,22	0,2	—	—	—
10	0,57	0,53	0,5	0,35	0,33	0,27
15	—	—	—	0,57	0,53	0,45
20	—	—	—	0,82	0,76	0,65

obvodech nejlépe vyhovuje otočný kondensátor s děleným statorem. Takovýto kondensátor představuje vlastně duál, u kterého oba statory tvoří krajní kontakty otočného kondensátoru. Oba otočné systémy jsou pak zapojeny v sérii, takže jejich výsledná kapacita je poloviční oproti kapacitě samotného svazku. Seriovým zapojením obou kondensátorů odpadá třetí dotyk, protože oba rotory jsou pevně namontovány a elektricky vodivě spojeny na společném hřídeli. Tento způsob má navíc tu výhodu, že oba krajní polepy, t. j. v tomto případě statory, jsou odisolovány od společné montážní kostry.

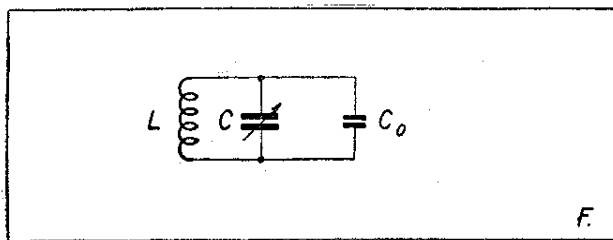
Při montování kondensátoru ladícího obvodu je třeba dbát na to, aby se odstranil vliv ruky, nastavující kapacitu kondensátoru. Je-li rotor uzemněn a kondensátor namontován v krytu, který je taktéž uzemněn, je možno vyvést kondensátor kovovou osou nad panel. V případě, že rotor není uzemněn nebo stínění není zemněno, pak se doporučuje vyvést hřídel kondensátoru na přední stranu panelu izolovanou osou.

Mnohé kondensátory o malé kapacitě mají velmi krátký hřídel se zářezem pro šroubovák. Při jejich použití v obvodu bývá často nutno tento hřídel prodloužit. I zde je třeba dbát na to, aby hřídele byly mechanicky co nejpevněji spojeny.

Kmitočet obvodu  $f$  v MHz, indukčnost  $L$  v  $\mu\text{H}$  a kapacita  $C$  v pF jsou vzájemně vázány následujícími rovnicemi.

$$f = \frac{159}{\sqrt{LC}} \quad L = \frac{25\,300}{f^2 C}$$

$$C = \frac{25\,300}{f^2 L}$$



Obr. 13.

Objasníme použití těchto rovnic na několika příkladech.

Příklad 1. Cívka obvodu oscilátoru má  $L = 0,26 \mu\text{H}$ . K obvodu je připojena elektronka a rozptylové kapacity spojů s celkovou kapacitou  $C_o = 7 \text{ pF}$  a ladící kapacita  $C$ , kterou je možno měnit v rozmezí od 3 do 33 pF. Rozsah kmitočtů, ve kterém bude oscilátor možno naladit, vypočítáme.

Nejvyšší kmitočet:

$$f = \frac{159}{\sqrt{0,26 (7+3)}} = \frac{159}{1,6} = 100 \text{ MHz.}$$

Nejnižší kmitočet:

$$= \frac{159}{\sqrt{0,26 (7+33)}} = \frac{159}{3,2} = 50 \text{ MHz.}$$

Příklad 2. Jakou kapacitu má mít kondensátor  $C$  zapojený v obvodu oscilátoru pro dosažení kmitočtu  $f = 85 \text{ MHz}$ , když indukčnost cívky  $L = 0,3 \mu\text{H}$  a kapacita elektronky a spojů  $C_o = 5 \text{ pF}$  (obr. 13). Celkovou ladící kapacitu obvodu  $C_c$  nalezneme podle rovnice

$$C_c = \frac{25\,300}{f^2 L} = \frac{25\,300}{85^2 \cdot 0,3} =$$

$$= \frac{25\,300}{2170} = 11,5 \text{ pF.}$$

Pak je kapacita kondensátoru

$$C = C_c - C_o = 11,5 - 5 = 6,5 \text{ pF.}$$

Laděné obvody, pozůstávající z cívky a kondensátoru, mají na metrových délkách vln malou jakost. Proto se někdy používá místo laděného obvodu linky, které mají mnohem vyšší jakost a tím i stabilnější kmitočet. Podle toho, jak se linka zapojí, může působit jako seriový nebo paralelní rezonanční obvod. Velikost jakosti takovéto linky, která pracuje na svém základním kmitočtu, je vyjádřena jednoduchým vzorcem

$$Q = \frac{2\pi Z_o}{\lambda R_1}$$

kde  $Z_o$  = vlnový odpor linky v ohmech  
 $R_1$  = ztrátový odpor v ohmech/m  
 $\lambda$  = délka vlny.

Na příklad pro linku, která má  $Z_0 = 200 \Omega$  a  $R_1 = 0,1 \Omega/\text{m}$  při délce vlny  $\lambda = 3,5 \text{ m}$  obdržíme

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200}{3,5 \cdot 0,1} \doteq 3600.$$

Z uvedené rovnice je vidět, že se zkracováním délky vlny, t. j. se zvyšováním kmitočtu roste jakost. Je-li mezi vodiči linky po celé délce vložen dielektrický materiál jiný než vzduch, pak se vzrůstajícím kmitočtem roste  $R_1$  a jakost linky klesá. Hodnota  $R_1$  v  $\Omega/\text{m}$  pro vzdušnou dvoudrátovou symetrickou linku lze přibližně vypočítat z rovnice

$$R_1 = \frac{3}{d \cdot \sqrt{\lambda}}$$

kde  $d$  = průměr vodiče v mm  
 $\lambda$  = délka vlny v metrech.

$R_1$  pro souosu (koaxiální) linku se vypočítá z rovnice

$$R_1 = \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{d} \right) = \frac{1,5}{\sqrt{\lambda}}$$

kde  $D$  = průměr vnějšího vodiče v mm  
 $d$  = průměr vnitřního vodiče v mm

Tak na příklad linka ze dvou vodičů o průměru 2 mm, pracující na vlně 3,5 m, má

$$R_1 = \frac{3}{2\sqrt{3,5}} = 0,08 \Omega/\text{m}.$$

Kdybychom měnili průměr vodičů linky a vzdálenost mezi nimi, bude se i jakost obvodu měnit. Největší jakosti se dosáhne pro symetrickou dvouvodičovou linku v případě, kdy  $\frac{b}{d} = 3$  ( $b$  = vzdálenost obou vodičů) a pro souosu linku při vzájemném poměru průměrů 1 : 3,6.

Při odchylce od tohoto nejvýhodnějšího stavu mění se jakost linky poměrně pomalu. Proto se v praxi rozměry linky používají takové, jaké jsou z konstrukčních důvodů nejvýhodnější.

Linku nutno navázat k elektronce. Pak bývá na vstup linky připojena mezi-elektrodová kapacita elektronky  $C$ , která snižuje rezonanční kmitočet linky a zhoršuje její jakost. V takovémto případě je rezonančním obvodem linka včetně kapacity  $C$ , která ji zakončuje a pro reso-

nanci na kmitočtu  $f_0$  je pak třeba, aby vstupní odpor linky  $Z_{vs}$  byl induktivní a rovný kapacitní reaktanci přidavné kapacity  $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ .

Na konci zkratovaná linka má induktivní vstupní odpor při vlastní délce menší  $\lambda/4$ . Při navázání na elektronku je potřebná délka linky ne čtvrt vlny, ale o něco kratší. Závažný problém představuje u rezonančních linek jejich ladění na žádaný kmitočet. Ladění je možné provádět buď pomocí pohyblivého běžce, který zkratuje volný konec linky, případně kapacitou, připojenou ke elektronkovému konci, nebo k otevřenému konci linky. Vážný nedostatek pohyblivého běžce spočívá v třecím doteku. Mimoto nelze pohyblivého běžce použít v případech izolovaných vodičů, nebo tehdy, když linka je tvořena kouskem koaxiálního kabelu. Je proto často výhodnější ladit linku pomocí kondensátoru připojeného paralelně k elektronce. Druhý konec linky je pak spojený pevně nakrátko.

Takovýto obvod představuje normální laděný obvod, u kterého část linky, zkratovaná na konci, zastává funkci cívk.

Kondensátor je možno taktéž připojit místo pohyblivého běžce na otevřený konec linky (viz obr. 8). Takovýmto kondensátorem je možné ladit linku v poměrně širokých mezích. Je-li jeho kapacita velká, pak linka je prakticky vysokofrekvenčně zkratovaná a rezonanční kmitočet bude odpovídat čtyřnásobku elektrické délky linky. V případě, kdy je kondensátor v poloze nejmenší kapacity, je linka přibližně otevřená a délka vlny je přibližně dvojnásobná délce linky. Ve skutečnosti je poměr nejkratší a nejdelší dosažitelné délky vlny menší než 2.

Ladící kondensátory poměrně značně snižují jakost a stabilitu obvodu s linkou. Doporučuje se používat vzdušné linky, jelikož má nejlepší jakost a největší stabilitu rezonančního kmitočtu. Aby takováto linka nezaujímal příliš mnoho místa, je možné stočit ji do kruhu. Je samozřejmě možné také zhotovit vysokofrekvenční obvod ze symetrického nebo souosého kabelu s pevným di-

elektrikem, avšak stabilita kmitočtu a jakost jsou značně menší než u vzdušné linky.

Jakékoliv kondensátory používané ve vysokofrekvenčních částech obvodu mají být keramické. Ve většině případů tyto kondensátory (mřížkové, anodové oddělovací, blokovací atd.) mají na metrových vlnách kapacity několik desítek až několik set pF. Slídové, papírové nebo elektrolytické kondensátory lze použít pouze v napájecích obvodech a v obvodech nízkého kmitočtu.

Pro práci VKV zařízení mají velikou důležitost vysokofrekvenční tlumivky. Zhotovují se zpravidla jako jednovrstvové válcové cívky, malého průměru (4 až 15 mm) a mívají několik desítek závitů izolovaného drátu. Průměr vodiče se volí podle velikosti protékajícího proudu. Jako kostry pro takové tlumivky se často používají porcelánové tyčinky jako u vrstevných odporů, nebo lze tlumivku přímo vinout na odporové tělísko o vysokém ohmickém odporu.

Vinutí tlumivek je možno ukládat na tělísko závit vedle závitu s mezerou mezi závity anebo dokonce se zvětšující se mezerou mezi závity. Nejvýhodnější provedení tlumivky je s proměnným stoupáním. Takováto tlumivka se připojuje k vysokofrekvenčnímu bodu (na př. k mřížce nebo anodě elektronky) řídce navinutým koncem. Každá tlumivka má svoji vlastní rezonanční délku vlny, rovnou přibližně  $3,2 l$ , kde  $l$  odpovídá délce vodiče, ze kterého je tlumivka vinuta. Tlumivka pracuje dobře jen v oblasti délky vlny rovné 1 až 1,5  $\lambda$  vlastní rezonanční délky vlny. Z toho důvodu se doporučuje vinout tlumivku pro nejkratší používanou délku vlny a použít vodiče dlouhého  $0,31 \lambda_{min}$ .

Poté, co jsme si osvětlili hlavní zásady konstrukce VKV obvodu, přistoupíme k popisu jednoduchého měřiče poklesu mřížkového proudu (v dalším krátce nazývaný měřič). Podle výše uvedených zásad má každý možnost konstrukci přizpůsobit svým vlastním požadavkům a možnostem dílny. Popisovaná konstrukce je však jednoduchá a vystačí pro četná měření až do kmitočtu 300 MHz.

Nejvážnější problém při konstrukci takového měřiče představuje volba

ladicího kondensátoru. Jelikož jde o kmitočty poměrně vysoké, musí to být kondensátor s děleným statorem, dostatečně mechanicky pevný a s dostatečným kapacitním rozsahem, t. j. rozdílem mezi počáteční a konečnou kapacitou. U jednoduchého přístroje budeme hledět vystačit s nepřilíš velkým počtem výměnných cívek. V tom případě musí i kmitočtový rozsah na 1 cívkou být dostatečně veliký. Vhodná volba je rozsah změny kmitočtu v rozmezí asi 1 : 2,5. To znamená, že změna kapacity musí být v rozmezí asi 1 : 6,3.

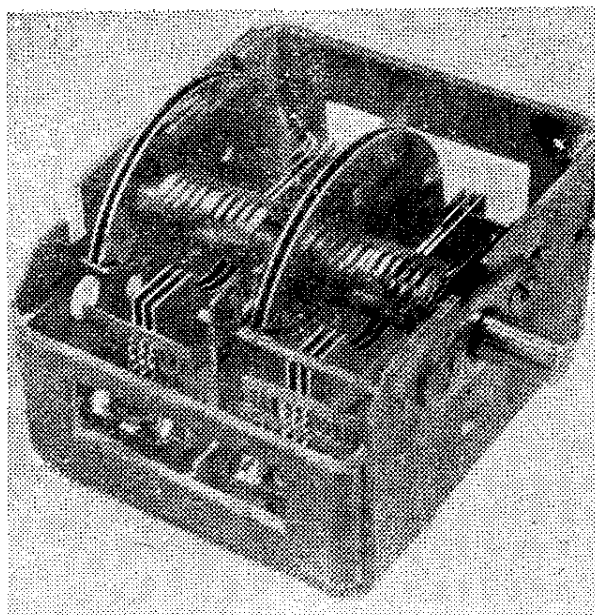
Počítáme-li na elektronku asi 4 pF, na počáteční kapacitu kondensátoru 4 pF a na kapacitu spojů 2 pF, vychází konečná kapacita  $10 \cdot 6,3 = 63$  pF.

Ladicí kondensátor musí pak měnit svou kapacitu při protáčení v rozmezí  $4 \text{ pF} \div 57 \text{ pF}$ . Kondensátor takovýchto hodnot, navíc ještě s děleným statorem, není u nás na trhu. Těžko jej naleznete i v různých výprodejních zařízeních. Zbývá tedy jediná volba: kondensátor si zhotovit domácími prostředky. Na štěstí je však možné pro tento účel upravit normální kondensátor fy TESLA – duál, používaný pro přijímače Talisman, který lze všude zakoupit. Tento kondensátor má značnou počáteční kapacitu a hlavně velikou konečnou kapacitu asi 450 pF. Nic nám však nebrání v tom, abychom tento kondensátor neupravili pro náš účel. Stačí jen opatrně odstranit statorové plechy až na 3 kusy v každém svazku a rotorové plechy až na 2 kusy. Jak takto upravený kondensátor vyhlíží, je dobře patrné z obr. 14. U kondensátoru vyobrazeného na tomto obrázku bylo odstraněno u rotoru pět krajních desek a 4 vnitřní desky rotoru. Při pozdějším sestavování se však ukázalo, že vůle mezi zbývajícimi statorovými plechy je poměrně malá a nedostačující pro umístění elektronky, takže při úpravě kondensátoru odstraníme raději 5 vnitřních plechů a 4 plechy na vnějších stranách rotoru. Totéž platí i u statoru, kde místo 3 vnitřních plechů odstraníme 4 a místo 4 vnějších plechů odstraníme 3 plechy. Při odstraňování přebytečných desek postupujte velmi opatrně, abyste zbývající desky nezde-

formovali. Těžko by se vám pak podařilo je narovnat tak, aby při protáčení kondensátoru vzájemně se o sebe netřely. Samozřejmě, že nejprve vymontujeme rotor a pak teprve provádíme úpravu jak rotoru, tak i statoru. Jelikož desky jsou v nosnících roznýtované, nezbyvá než je z uchycení opatrně vypáčit. Při trošce pozornosti se vám to jistě podaří bez nesnází.

Odstranění rotorových desek usnadní opatrné přeříznutí nosníku spojujícího přední hranu rotorových desek dohromady.

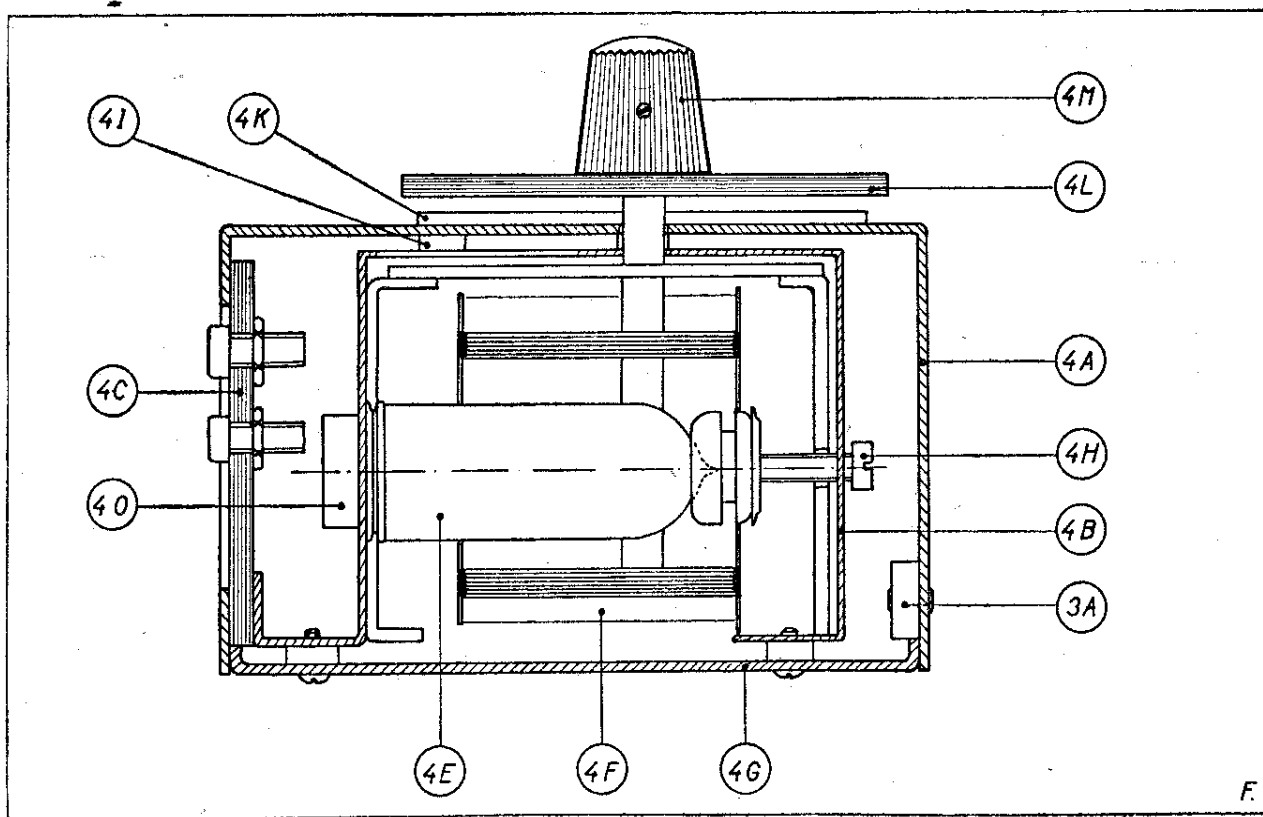
Při návrhu provedení měřiče je třeba se rozhodnout mezi dvojím uspořádáním. Je možné provést celý měřič jako souhrnnou jednotku, včetně napáječe, nebo vytvořit napájecí část a oscilátorovou část jako oddělené díly. Jelikož součástky dostupné na našem trhu zdaleka nejsou miniaturní, bylo by provedení napáječe s oscilátorem v celku značně veliké a hlavně těžké. Proto je lepší vytvořit oscilátorový díl jako samostatnou jednotku a napáječ s indikač-



Obr. 14. Duál Tesla po úpravě plechů.

ním měřicím přístrojem taktéž jako samostatnou jednotku.

— Oba díly lze pak bez nesnází mezi sebou propojit vícežilovým, na př. te-



Obr. 15.

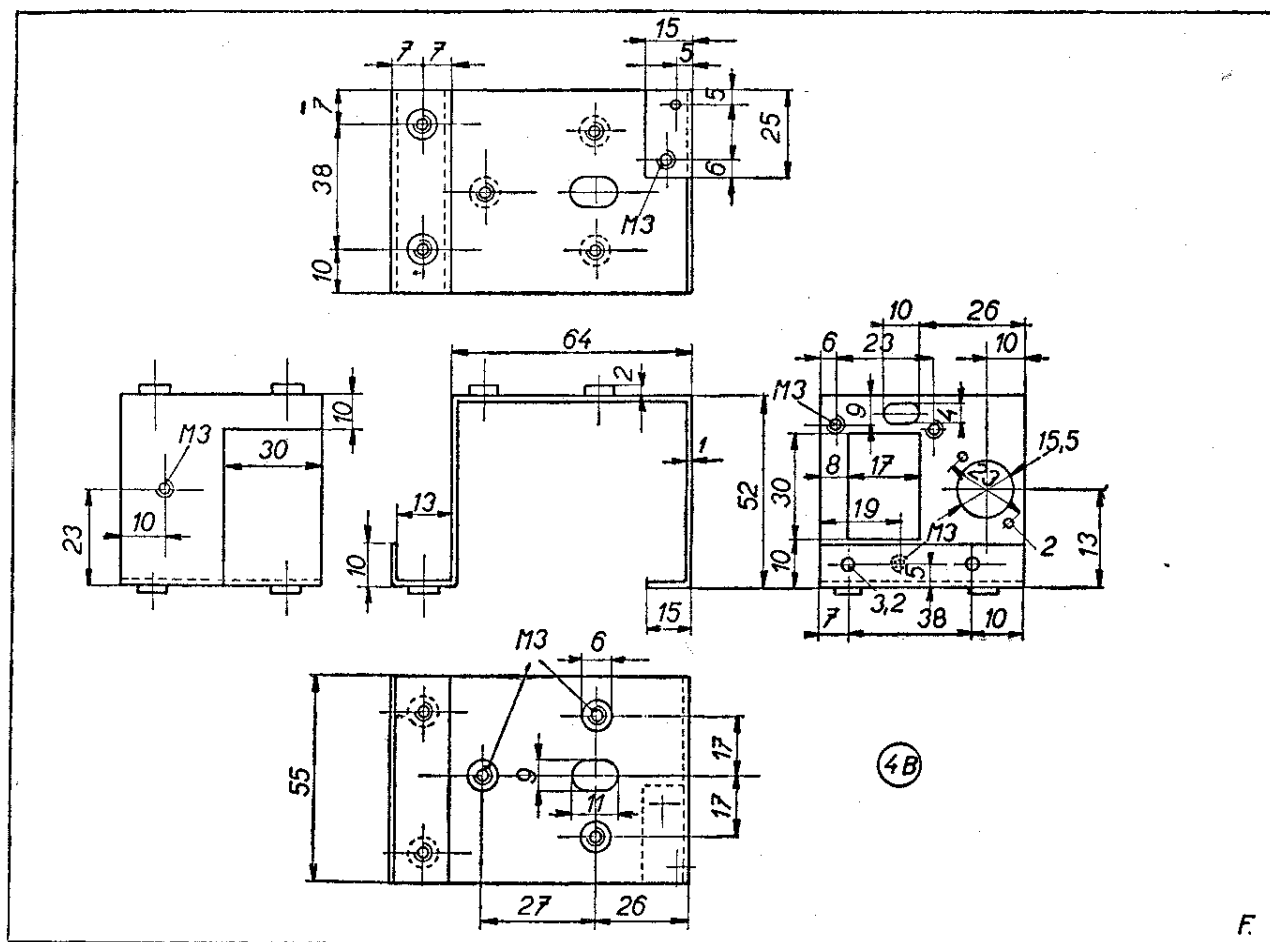
lefonním kabelem, ukončeným vícenásobnou zástrčkou.

Provedení takového oscilátorového dílu je znázorněno na obr. 15. Obrázek představuje řez popisovaným vysokofrekvenčním oscilátorovým dílem.

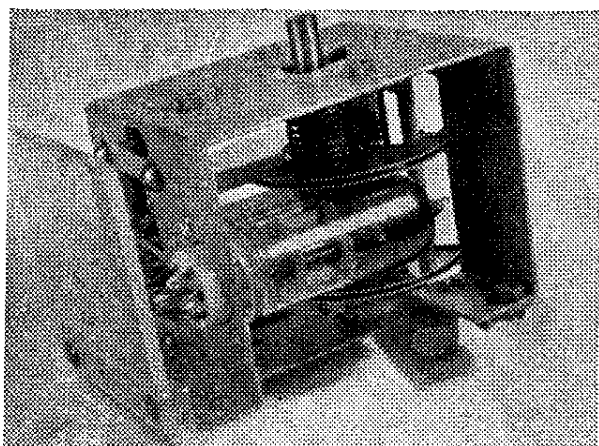
Základ celé nosné konstrukce tvoří plech 4B (obr. 16). Tento kus plechu (1 mm železný plech) je ohnut do takového tvaru, že je možno v něm uchytit jak otočný kondensátor, tak i objímku elektronky a isolační desku se zdírkami pro cívky. Pro satorové vývody kondensátoru je na čelní straně tohoto plechového nosníku vyříznut podlouhlý otvor. Tímto otvorem prochází vývody satoru. Kondensátor je uchycen k tomuto nosníku pomocí 3 šroubů M3, procházejících čelní stěnou nosníku. Aby bylo možné spodní upevňovací šroub zašroubovat, provrtá se i přední část plechu ohnutého do tvaru U (viz obr. 17

pod deskou z plexiskla [umaplexu] tmavší stín). Na tuto přední, zahnutou část, je dvěma šroubky M3 připevněna deska z plexiskla pro zdířky výměnných cívek.

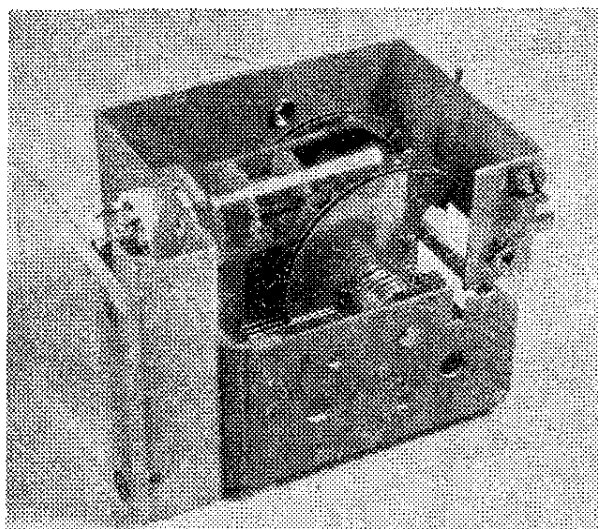
Aby bylo možné otočný kondensátor do plechového nosníku 4B zakládat, musí být hořejší otvor pro hřídel kondensátoru podlouhlý. Z téhož důvodu zadní část nosníku 4B neobepíná celou vanu ladicího kondensátoru, ale přechází v podlouhlý, na konci zahnutý výběžek, ke kterému se přichytka zajišťuje přívodní kabel proti vytažení. Umístění elektronky je dobře patrné z obr. 17 a 18. Toto umístění dovoluje dosáhnout nejkratších možných spojů mezi objímkou elektronky, vývody satoru a zdírkami pro cívky. Jakákoli jiná úprava má za následek buď nadměrné prodloužení délky spojů, nebo mimořádné zvětšení rozměrů oscilátorového dílu.



Obr. 16.



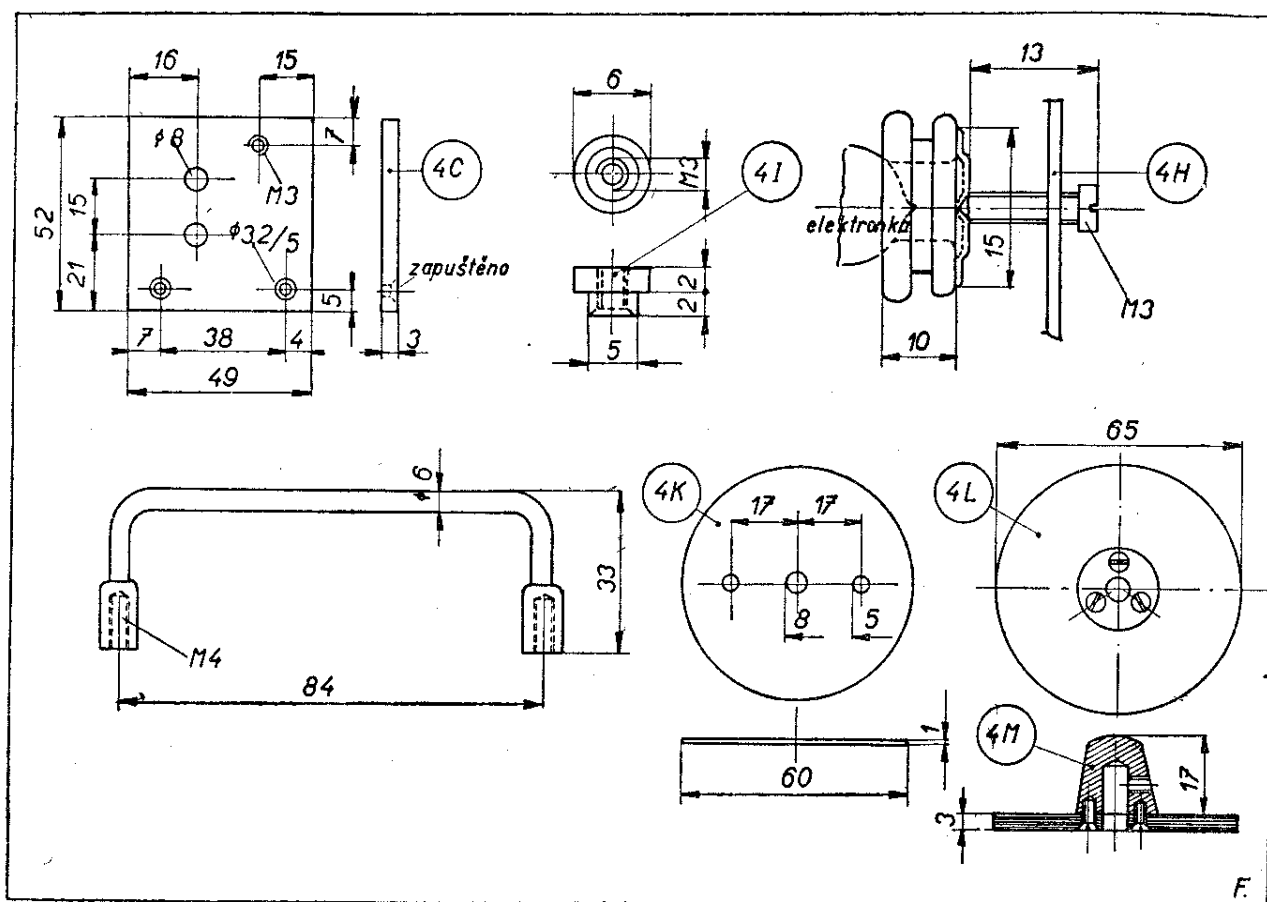
Obr. 17. Upravený duál s namontovanou elektronikou.



Obr. 18. Pohled na upravený díl s boku.

Nosný rám 4B se připevňuje do vlastní skřínky třemi šroubky M3 se zapuštěnou hlavou. Jelikož šroubky by v tenkém plechu neměly možnost pevného zachycení, jsou v horní části nosného

rámu přinýtovány 3 rozníťovací matice (viz obr. 19 – 4I). Šroubky v těchto maticích je současně přichycena i stupnice 4K. Postup při montáži je ten, že se nejprve zašroubuje přední šroubek se

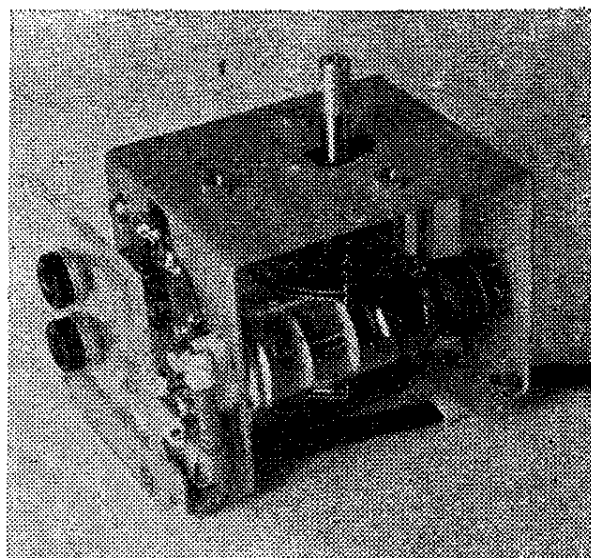


Obr. 19.

zapuštěnou hlavou. Tento šroubek přikryje stupnice *4K*, která je pak přichycena dalšími 2 šrouby se zapuštěnou hlavou.

Protože při tomto způsobu montáže je možnost uvolnění elektronky případnými nárazy, je třeba elektronku zajistit v požadované poloze jistícím šroubem *4H*. Úprava je jednoduchá: na vrchol baňky elektronky je položena obyčejná gumová průchodka a přes průchodku plechová čepička s malým důlkem uprostřed. O tento důlek se opírá šroub *4H*, jištěný proti otočení protimatkou. Šroub *4H* tak jistí elektronku proti vypadnutí.

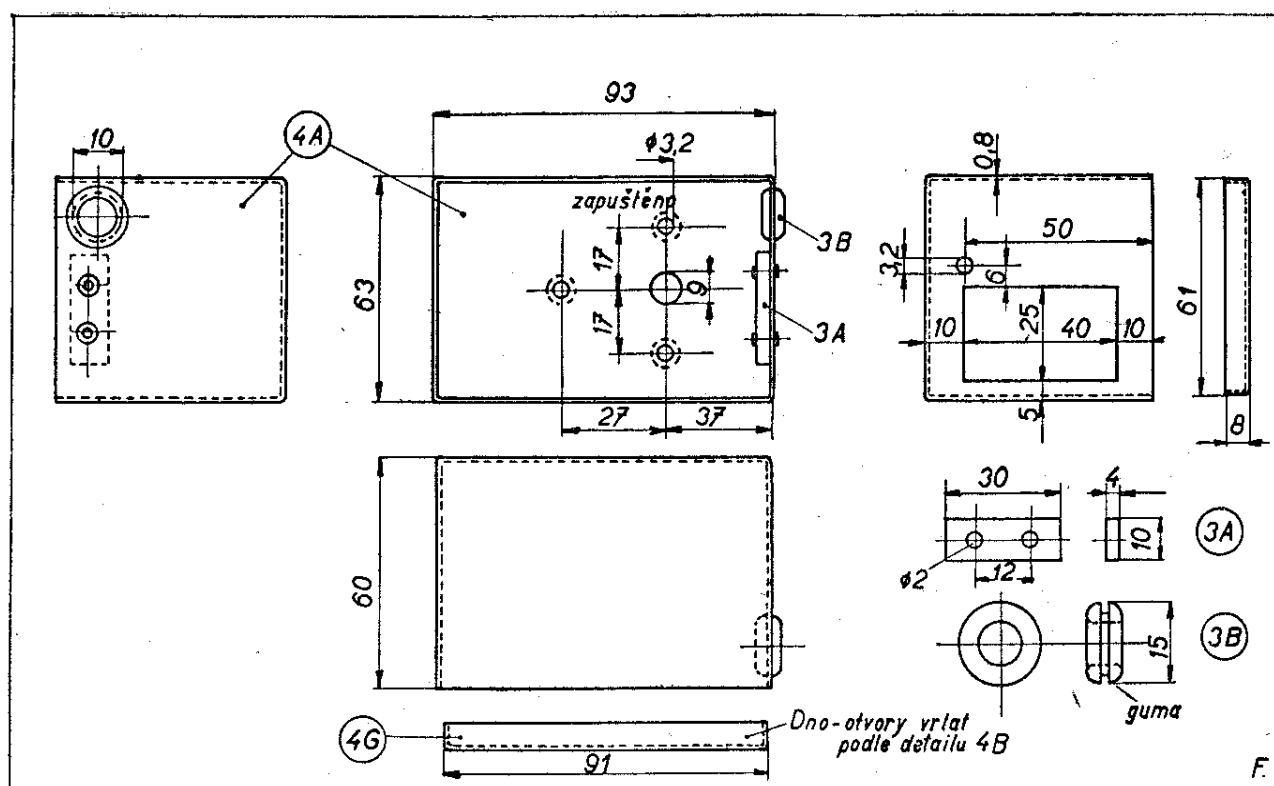
Jelikož délka hřídele upravovaného kondensátoru nestačí pro uvedenou konstrukci, bylo nutné hřídel nastavit. Nastavení se provede krátkým kouskem 6mm hřídele na jednom konci osazeným a opatřeným 3mm závitem. Samozřejmě, že i hřídel kondensátoru musí být opatřen závitem. Při vrtání otvoru pro závit dbejte na to, aby otvor šel přesně soustředně, jinak se bude nastavený kousek hřídele otáčet mimo osu. Důsledek toho pak je, že při protáčení kotoučku



Obr. 20. Upravená a zapojená vř část grid-dipmetru.

*4L* s ryskou bude se tento otáčet v měnící se vzdálenosti od stupnice.

Aby pevnost mechanického uchycení nosného rámu byla co největší, je přední isolační deska z plexiskla (viz obr. 19 – *4C*) opatřena závitem M3, do kterého



Obr. 21.

se šroubuje šroubek přes vnější krabičku a tak spolehlivě zamezuje jakémukoli pohybu nebo pružení nosné desky se zdírkami při zasouvání cívek. Celek je zasunutý do krabičky 4A, jejíž detailní výkres je na obr. 21.

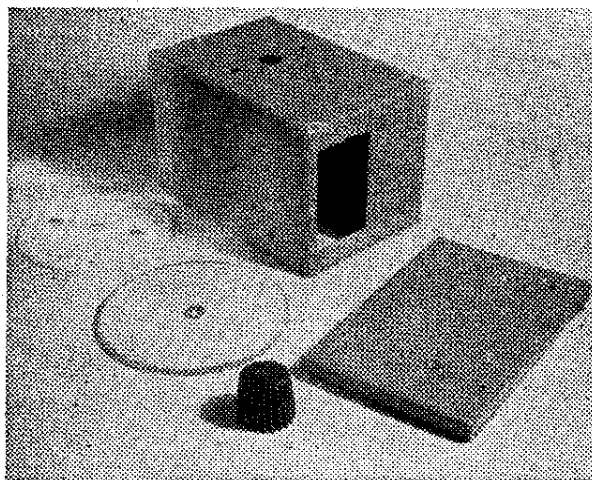
V této krabičce je na zadní straně jednak gumová průchodka pro přívod a dále pertinaxová destička 3A, vymezující polohu víčka 4G při zasunutí do krabičky. Víčko 4G je přišroubováno třemi šrouby uchycenými v nosném rámu 4B. Dvě nýtovací matice pro tyto šrouby jsou přinýtované na přední části nosníku ohnutého do tvaru U a jedna matice je přinýtována v zadním pásku vedle úchytky pro napájecí kabel. Víčko G je jištěno proti proklouznutí nebo vtažení do krabičky 4A na přední straně hranou z plexiskla 4C, o kterou se opírá. Tři šrouby, kterými je spodní víčko uchyceno, je možno dostatečně utáhnout, aniž by vznikalo nebezpečí, že víčko bude vtaženo příliš hluboko do krabičky. Po přišroubování spodního víčka 4G na krabičku 4A (viz obr. 22) opatří se ještě také vysokofrekvenční díl kotoučkem s knoflíkem, který umožňuje snadné odečítání na stupnici. Jelikož nebylo počítáno u tohoto přístroje s příliš velkou přesností, je i provedení stupnice jednoduché a náhon kondensátoru je bez převodu. Protože však kotouč z plexiskla s ryskou je přišroubován třemi šrouby M2 ke knoflíku 4M, je při přichycení tohoto knoflíku červíkem na hřídel pevně zajištěna poloha rysky vůči kondensátoru a stupnici. Knoflík 4M je tak zvaného typu Sonora, t. j. větší prodáváný typ. Jelikož tyto knoflíky jsou uzpůsobeny jen jako narážecí, což by v tomto případě nevyhovělo, je třeba knoflík upravit. Vrtákem o  $\varnothing 6,25$  mm se otvor pro hřídel převrtá a pak knoflík opatří s boku závitem a stavěcím šroubkem (červíkem).

Tím je montáž vysokofrekvenční části zakončena.

Počet spojů je v tomto díle nepatrný. Dbejte však při propojování na dostatečný průřez vodiče, kterým spoje potáhněte. Zemnění stíracího pásku rotoru, nosného rámu 4B, zemního konce žhavení a kuličku na objímce elektronky proveďte nejlépe tenkým měděným páskem

širokým asi 5 mm a silným 0,1 mm. Takový pásek se dá snadno pájet, je ohebný a co hlavně, má nepatrnou indukčnost. Oba oddělovací kondensátory 50 pF, jak v mřížce, tak v anodě, použijte keramické trubičkové s páskovými vývody a délkou tělíska 10 až 20 mm dlouhou. Zablkování studeného konce mřížkového odporu a přívodu žhavení, jakož i studeného konce odporu 6k4 v anodě elektronky, proveďte buď jenom keramickým kondensátorem o kapacitě aspoň 1000 pF nebo použijte bezindukčního bloku, nejlépe sikatrop o hodnotě do 5 k, přemostěného keramickým kondensátorem o kapacitě asi 100 až 200 pF. V případě, že použijete kondensátorů sikatrop přemostěných keramickými kondensátory, neopomeňte prostor pro zdířky mezi čelní stěnou plechového rámečku 4B a plexisklem zvětšit ze 14 mm asi na 18 mm. V tom případě musíte také příslušným způsobem zvětšit rozměry plechové krabičky 4A. Při uspořádání spojů dbejte pečlivě na to, aby netvořily zbytečné smyčky a hlavně aby plocha smyček, pokud budou nevyhnutelné, byla co nejmenší. Jedině tak se podaří udržet přídavné indukčnosti na minimu.

Také vř živé spoje veďte pokud možno vzdáleně od kostry. To platí i pro živý konec mřížkového odporu a živý konec anodového oddělovacího odporu. Takovéto uspořádání součástek brání nadměrnému zvyšování počáteční kapacity. Jedině při bedlivé montáži podaří se



Obr. 22. Schránka a stupnice grid-dipmetru.

nám dosáhnout kmitočtu 300 MHz na nejvyšším pásmu. V oscilátoru je zapojena jen jedna polovina elektronky 6CC31. Druhá polovina zůstane nezapojena. Zemnění druhého systému zbytečně zvyšuje počáteční kapacitu a zapojení obou systémů paralelně nepřináší žádné výhody.

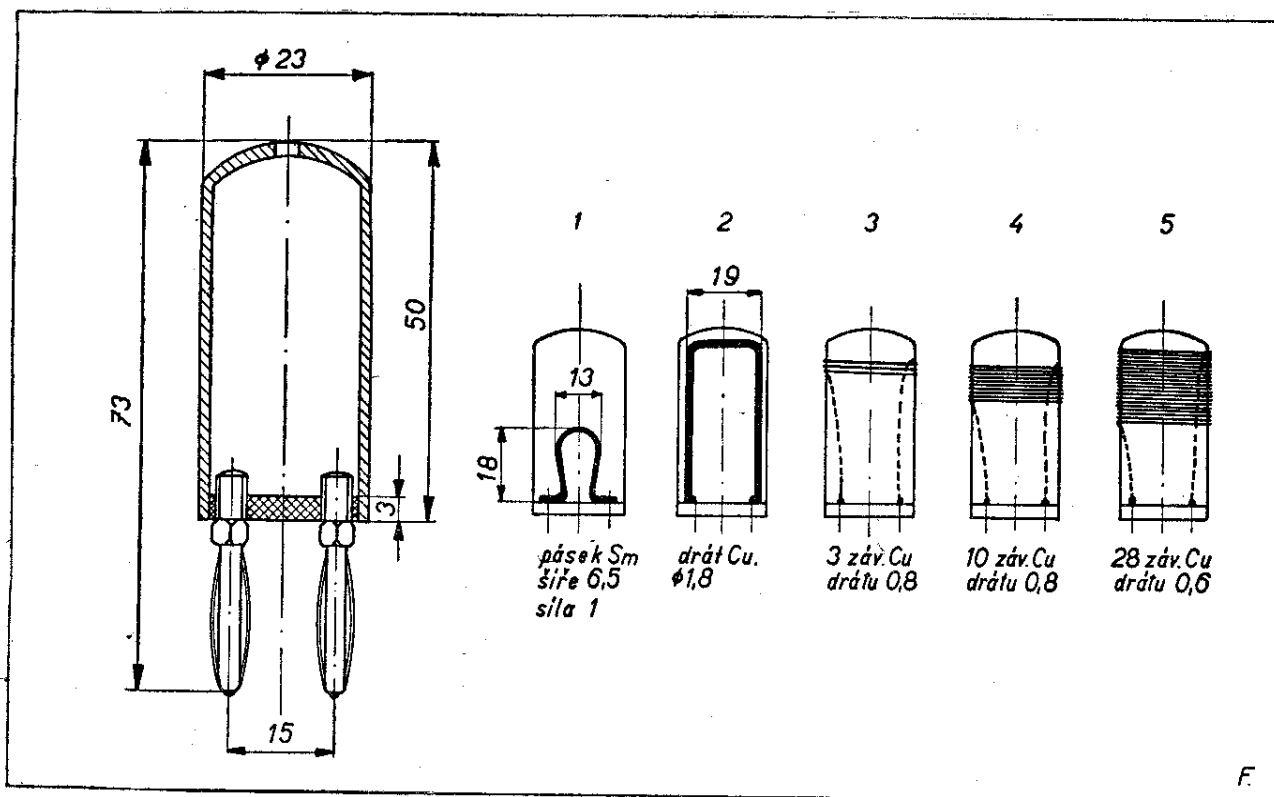
Strmost je sice dvojnásobná, ale zato kapacity mezi elektrodami jsou mnohem vyšší, takže nejvyšší dosažitelný kmitočet je nižší než s jediným systémem.

Provedení cívek je patrné jednak z titulního obrázku a dále z obrázku 23. Jako tělíska pro cívky bylo užito pouzder na kartáčky na zuby se šroubovým uzávěrem (viz obr. 24). Tato pouzdra se seříznou na potřebnou délku a opatří těsně jdoucími dýnkami z pertinaxu. Do těchto dýnek je pak vyříznutý závit M4, do kterého jsou našroubovány 2 kolíčky od banánků. Celkové provedení je patrné jednak z obrázku na titulní straně, jednak z obrázku 24.

Jednotlivé cívky jsou co do provedení popsány na výkrese (obr. 23). Cívky č. 1 se používá na nejvyšším kmitočtu, t. j.

zhruba od 160 MHz do 300 MHz. Tato cívka se používá bez jakéhokoli krytu, tak jak je znázorněna na titulním obrázku. Závit tvoří pásek z mosazného plechu o síle 1 mm a šíři 6,5 mm. Pásek je připevněn a připájen k vývodním kolíčkům. Cívka nepotřebuje zvláštní kryt, protože je sama o sobě natolik mechanicky pevnou, že není nebezpečí, že hrubé zacházení by změnilo její hodnotu. Podle rozsahu, překrytého ostatními cívkami, by tato první cívka měla ladit v rozmezí asi od 120 do 300 MHz. Protože však její indukčnost je nepatrná a prakticky představuje téměř zkrat, je velikost rezonančního odporu malá, obzvláště s klesajícím kmitočtem. V oblasti okolo 160 MHz vysadí oscilace, protože ani strmá elektronka 6CC31 nestačí udržet kmity na tak nízkém rezonančním odporu.

Druhá cívka je z drátu o  $\varnothing 1,8$  mm a má tvar podlouhlé smyčky. Konce cívek jsou připájeny ke koncům kolíčků procházejících pertinaxovým dnem. I když drát o  $\varnothing 1,8$  mm je mechanicky poměrně pevný, je přesto nebezpečí, že



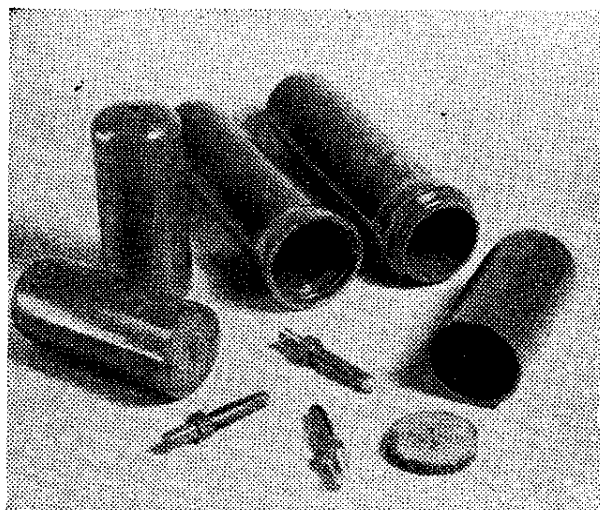
Obr. 23.

by cívka mohla být při používání zdeformována a proto je zalepena dovnitř krytu zhotoveného z výše uvedených pouzder.

Použitá pouzdra jsou zhotovena z lišovací hmoty. Rozhodně to není jakostní vysokofrekvenční materiál, o kterém jsme si říkali, že je dobře jej používat ve VKV obvodech. Mimo to má velký obsah minerálních plnidel a je velmi křehký. Protože však většinou nebudou dostupné vhodné trolitulové trubičky o vnějším průměru 20 až 25 mm, použijeme i nadále těchto krytů jako tělísek pro cívky. Elektronka stačí za těchto podmínek nasadit oscilace a jelikož ani vlastní otočný kondensátor, upravený z duálu, nemá sám o sobě mimořádně velkou mechanickou stabilitu a nad to stupnice je bez převodu, nemůžeme požadovat přesnost v odečítání větší než asi 2 %. To znamená, že přesnost nastavení kmitočtu bude na nejvyšším rozsahu u 300 MHz asi  $\pm 2$  MHz, u cívky druhé přibližně asi  $\pm 1$  MHz.

Pro ty, kteří chtějí si cívky vypočítat sami, uvádíme ještě počáteční a konečnou kapacitu kondensátoru upraveného podle popisu. Samotný stator s jedním rotorem, t. j. 3 desky statoru a 2 desky rotoru, mají kapacitu od 7 pF asi do 100 pF. Při měření ze statoru na stator je kapacita od 4,2 pF do 50 pF. Komu nebude vadit větší počet výměnných cívek, může zmenšit počet použitých desek v kondensátoru na 2 statorové a 1 rotorovou. Změna kapacity pak je asi od 3,8 pF do 25 pF (měřeno ze statoru na stator).

Přesné vyvážení cívek tak, aby jejich kmitočtová pásma se dotatečně překrývala, provedeme způsobem, o kterém bude později řeč při popisu uvádění do chodu. Připomínáme ještě, že mimo možnosti přidávání nebo ubírání závitů je možno malé změny v indukčnosti provádět přihýbáním nebo odhýbáním závitů. To platí i pro cívku č. 2, která, jak patrně z obr. 23, má tvar podlouhlé hranaté vlásenky. Prohýbáním, t. j. přiblížováním nebo vzdalováním dlouhých rovných částí od sebe nebo k sobě lze vyrovnat kmitočtový průběh tak, aby překrývala pásmo asi od 70 do 200 MHz. Protože indukčnost takovéto cívky je



Obr. 24. Tělíska na cívky před úpravou a po ní.

již větší, je i rezonanční odpor vyšší a tak cívka kmitá po celém pásmu.

Samozřejmě při proládování kondensátoru se rezonanční odpor mění a tak při uzavírání kondensátoru klesá amplituda vyráběných oscilací. Aby bylo možné nastavit velikost oscilací a tím i amplitudu mřížkového proudu, je v napájecí jednotce zamontován potenciometr M1, kterým se nastavuje velikost anodového napětí a tím i velikost oscilací.

Další cívka překrývá pásmo asi od 30 do 80 MHz. Tvoří ji 3 závitů drátu o  $\varnothing$  0,8 mm, navinutého navrch tělíska. Tělísko opatřujeme na dvou protilehlých místech v blízkosti okraje dvěma malými otvory, kterými je pak vodič cívky protažen do vnitřku tělíska. Povrch tělíska před vinutím cívky zdrsníme a po navinutí cívky celé vinutí zajistíme nátěrem bezbarvého nitrolaku. Vývody cívky se protáhnou dvěma dalšími malými otvory v dýnku s banánovými kolíčky. Dýnko pak zalepíme do kostříčky. Vývody od cívek připájíme ke kolíčkům. Cívka tak tvoří kompaktní, mechanicky pevnou jednotku, která má dobrou mechanickou i elektrickou stálost.

Cívka č. 4 je vinuta obdobně jako cívka č. 3 drátem o  $\varnothing$  0,8 mm, a to 10 až 11 závitů. Pracovní rozsah je v rozmezí 12 až 34 MHz. Cívka č. 5 vinutá drátem o  $\varnothing$  0,6 mm má 28 závitů a je pro rozsah 4,7 MHz až 13,2 MHz.

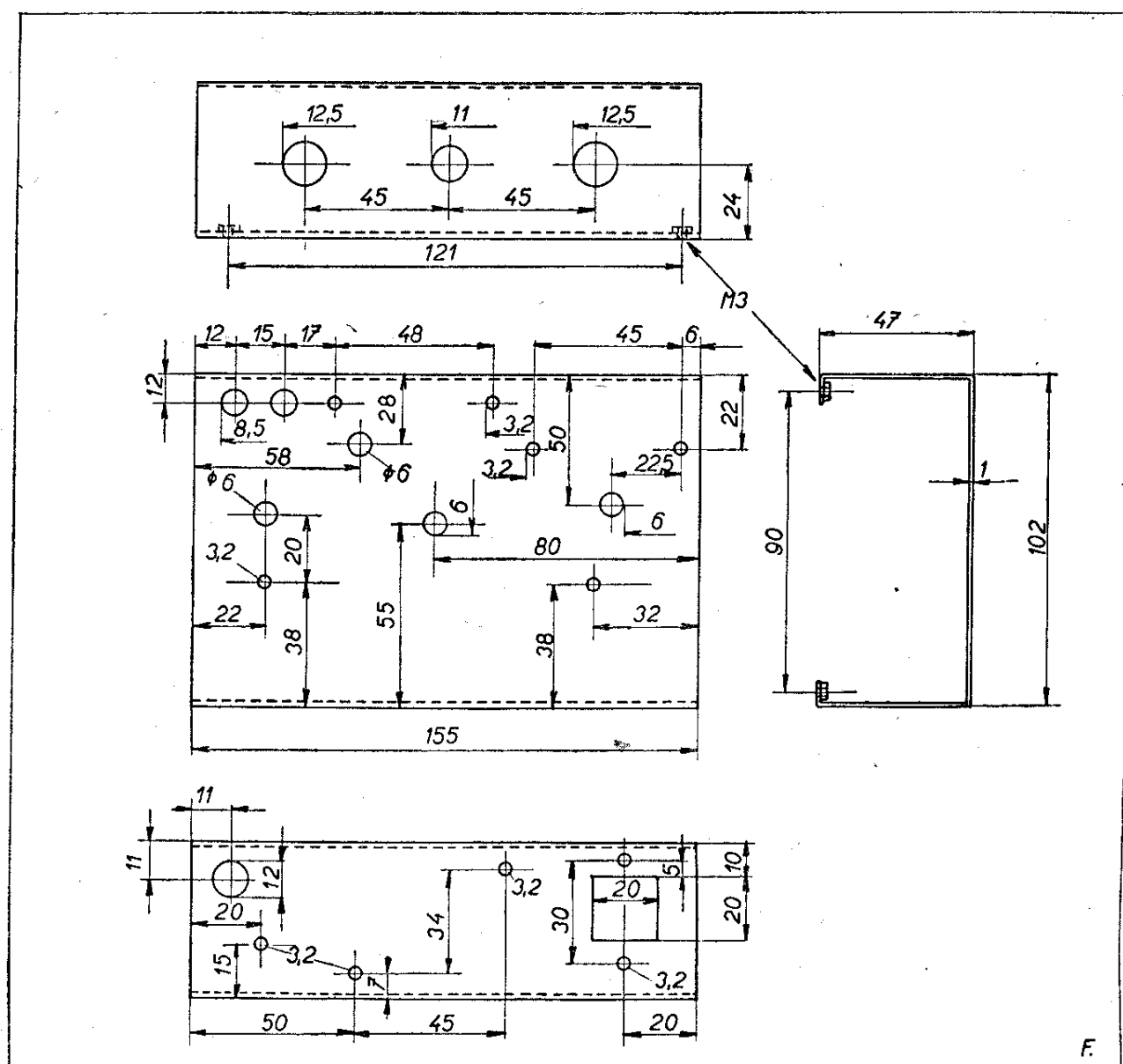
Vzorkový Grid-dipmetr byl určen pro pásma vyšší. Proto také nebyl doplněn cívkami pro pásmo středních, dlouhých, případně krátkých vln, nebo kmitočtu mezifrekvencí. Lze však bez potíží doplnit čelní isolační destičku se zdírkami o jednu další, třetí, která bude zapojena tak, jak je to čárkovane nřznačeno na obr. 28. Abychom zbytečně nesnižovali maximálně dosažitelný kmitočet školidvými kapacitami, umístíme tuto třetí zemněnou zdířku poněkud stranou od ostatních dvou. Cívky pro spodní kmitočtová pásma, to je pro oblast středních vln atd., opatříme jednak třemi ko-

líčky a hlavně odbočkou na cívce. Tuto odbočku umisťujeme podle potřeby blíže k mřížkovému konci cívky.

Z doposud popisovaného ultraaudio-nového zapojení oscilátoru stává se tak rázem zapojení třibodové. Tento přechod je nutný, protože zpětná vazba, zaváděná přes dělič napětí, tvořený mezi elektrodovou kapacitou elektronky, již nevyhovuje.

Odbočku na cívce umisťujeme podle potřeby ve dvou desetínách až asi v jedné třetině celkového počtu závitů, počítaného od mřížkového konce.

Cívky musí bezpodmínečně být zho-



Obr. 25.

toveny jako vzdušné. Vložením železového jádra sice vzroste jejich indukčnost a zmenší se rozměry, ale takováto cívka nedává dobré výsledky, protože má příliš malé rozptylové pole. Přichází tedy v úvahu jediné vinutí vzduchové, a to válcové nebo křížové. Počet závitů cívky se upraví tak, aby indukčnost odpovídala potřebné hodnotě, vypočítané dosud uvedenými rovnicemi.

Napáječ je montován na plechové kostře zhotovené podle rozměrů na obr. 25. Do vlastní skřínky je přichycen čtyřmi šrouby M3, procházejícími dnem skřínky a zachycených v rozvrtávacích maticích nanýťovaných do nosné kostry napáječe. Matice jsou dobře patrné na obr. 27. Tento obrázek představuje pohled na smontovaný napáječ zespodu. Na obrázku 26 vidíme napáječ připravený k vestavění. Na přední straně vlevo je vypínač, kterým se zkratuje odpor  $1k2$ , zapojený do serie s filtračním elektrolytem. Při otevření vypínače jsou elektrolyty připojené na zemní vodič přes značný odpor, takže filtrační činnost je nepatrná.

Stejnoseměrný napájecí proud má pak značnou zbytkovou modulaci 50 Hz stř. napětí. Toto napětí moduluje elektronku oscilátoru, takže při příjmu vysokofrekvenčního signálu z měřiče vzniká na výstupu z přijímače střídavé napětí. Je tedy možno zapojením této střídavé modulace měřiče použít i pro sladování přijímačů. Modulace 50 Hz není sice tak vhodná jako obvykle používaná modulace 400 Hz, ale pro četná měření plně vyhoví.

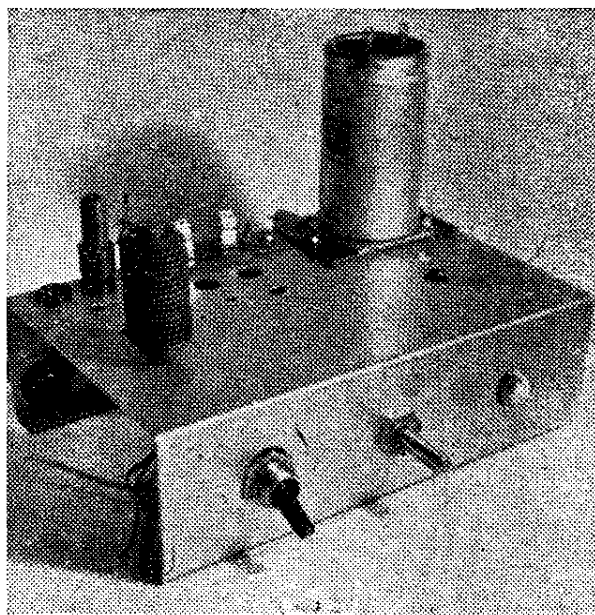
Uprostřed kostry napáječe je uchycen potenciometr  $M_1$ , kterým se řídí velikost anodového napětí. Nastavení anodového napětí dovozuje upravit velikost mřížkového proudu tak, aby výchylka byla v rozsahu dobře patrná. Při stažení anodového napětí na nulu je anoda elektronky prakticky uzemněna a měřič je pak možné použít jako absorbčního vlnoměru. Vysokofrekvenční kmity nabudí v ladicím obvodu proudy a napětí, které elektronka usměrní. Při stažení anodového napětí je možné považovat mřížku elektronky za anodu diody. Tato dioda usměrňuje vysokofrekvenční napětí a výchylka měřicího přístroje uká-

že velikost protékajícího stejnosměrného proudu.

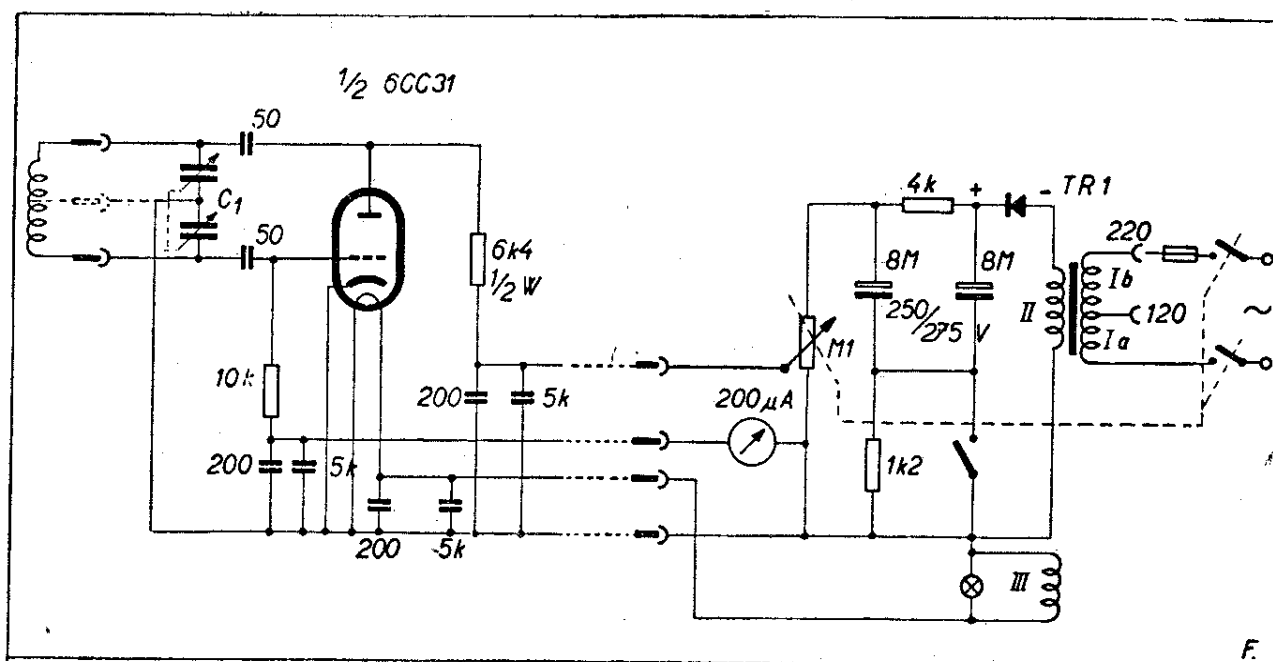
Stejnoseměrný odběr celého oscilátorového dílu činí asi 5 až 6 mA. Díky poměrně velkému oddělovacímu odporu a celkově nízkému anodovému napájecímu napětí nestoupne anodový proud při vytažení cívce o více jak asi 1 mA. Není tedy v žádném případě životnost elektronky ohrožena, když oscilátor nekmítá a anodové napětí je plné.

Vzhledem k malé spotřebě asi 8 mA maximálně, stačí k usměrnění anodového proudu malý selenový usměrňovač. Přístroj stavíme pouze se síťovým transformátorem a dbáme přitom při konstrukci všech bezpečnostních pravidel. Primární obvod síťového transformátoru jistíme proti poruše síťovou pojistkou, jejíž držák je dobře patrný na obr. 26.

Protože počítáme s provozem při napětí jak 120 tak i 220 V, potřebujeme jednoduchý přepínač napětí. Zde postačí banánek a dvě izolované zdířky. Přepínání napětí je jednoduché a snadno proveditelné. Musíte však dbát zásady, že před zapnutím přístroje se vždy přesvědčíte o správnosti nastaveného napětí. Schema přístroje je uvedeno na obr. 28. Ze schematu je patrné, že přístroj je opravdu jednoduchý. Do



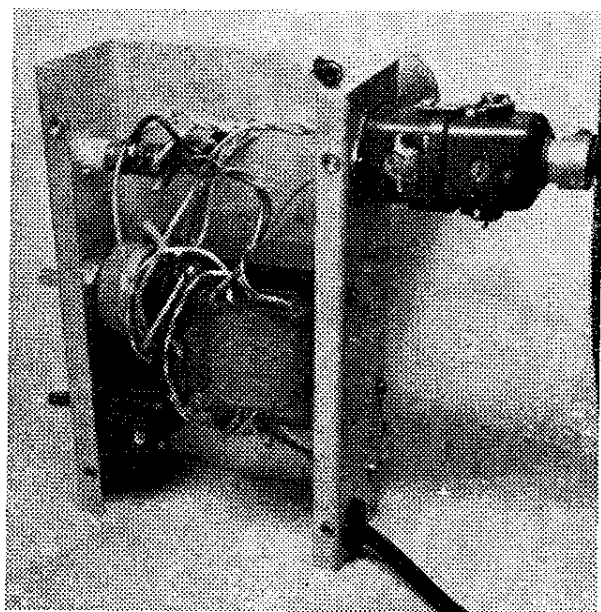
Obr. 26. Kostra přístroje po provedení montáže.



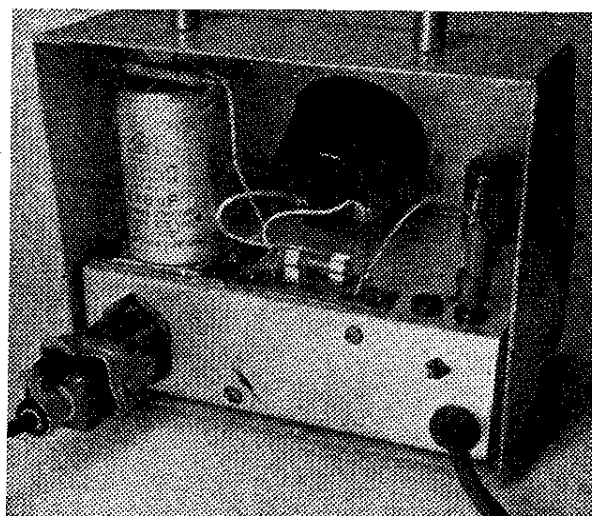
*Obr. 28.*

žhavicího vinutí pro oscilátorovou elektronku je zapojena ještě signální žárovka signalisující zapnutí přístroje. Přívod od vysokofrekvenční jednotky nejlépe provedeme několikanásobnou zástrčkou tak, jak je to dobře patrné z obr. 27 a 29. Samozřejmě, že i síťový přívod do napáječe zajistíme příchýtkou proti vytržení. Síťový transformátor montujeme do-

spodu kostry, aby jeho rozptylové stř. pole nerušilo magnetické pole měřicího přístroje. Transformátor je vinutý na inkurantní jádro z plechů M 55 (viz Radiový konstruktér č. 4 – 1956 – str. 156). Bylo použito 14 závitů na volt. Primární vinutí pro 120 V (vinutí Ia) má 1680 závitů drátu o  $\varnothing$  0,15 mm – smalt – a vinutí I b, t. j. 120 až 220 V má 1410 závitů drátu o  $\varnothing$  0,1 mm smalt. Jednotlivé vrstvy mezi závity



Obr. 27. Pohled na přístroj zespodu.



Obr. 29. Zapojený přístroj umístěný ve skřínce.

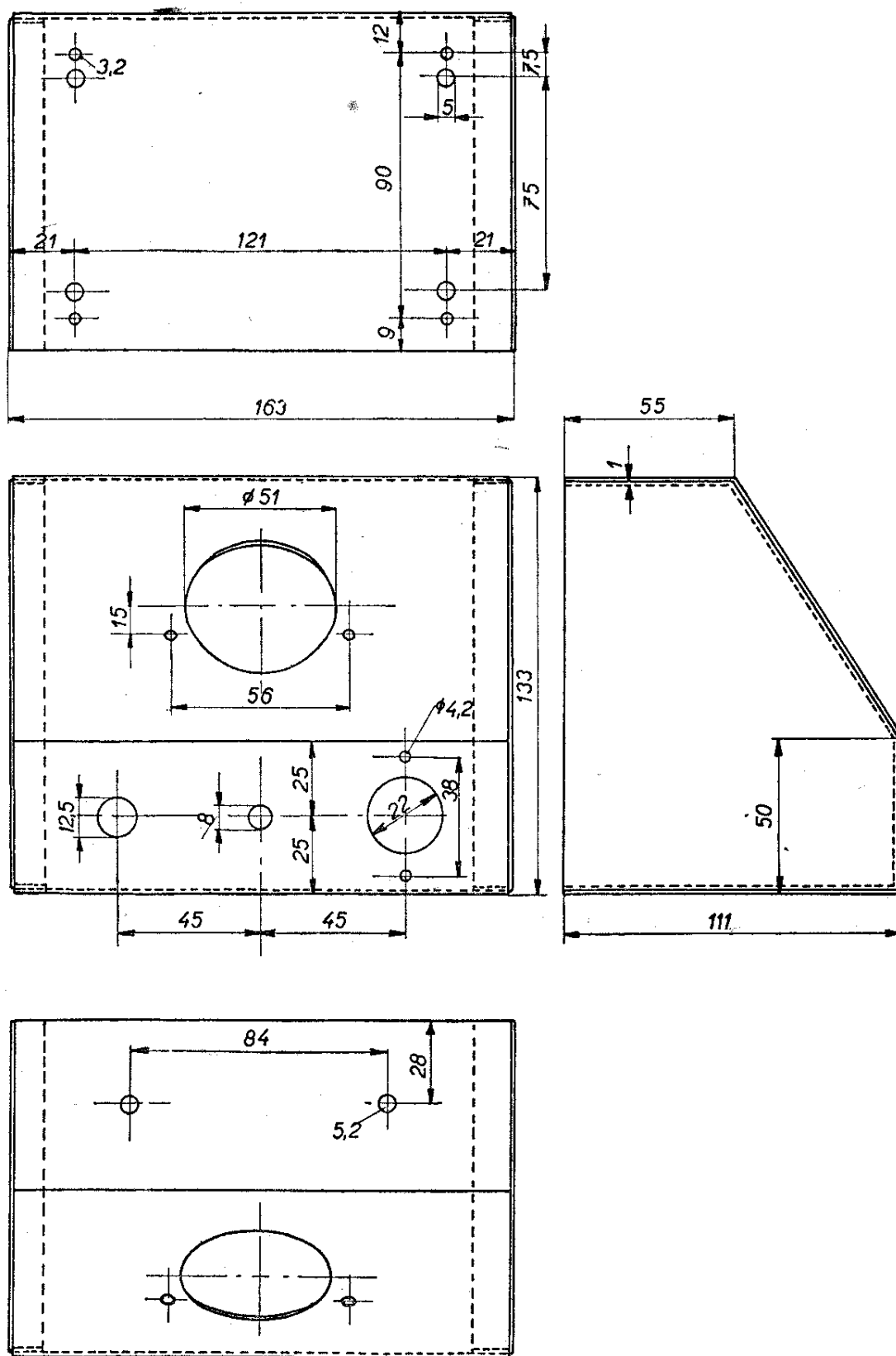
prokládáme kondensátorovým papírem 0,06 (na příklad ze starého rozebraného blokovacího kondensátoru). Mezi primár a sekundár vložíme isolační vrstvu z lesklé lepenky 0,15, ovinuté  $2 \times$  kolem cívky a navrch vineme 2000 závitů drátu o  $\varnothing$  0,08 mm smalt (vinutí II). Toto vinutí je pro anodové napájení a má napětí asi 130 V. Toto napětí není třeba zvyšovat, naopak zbytečně bychom zvyšovali oteplení oscilátorové elektronky, wattové ztráty v oddělovacích odporech a regulačním potenciometru a i plnění transformátoru. Na toto vinutí položíme opět dvě isolační vrstvy z lesklé lepenky silné 0,15 mm a navineme 100 závitů smalt. drátu o  $\varnothing$  0,5 mm pro žhavení (vinutí III). Nakonec vinutí chráníme před poškozením omotáním vrstvou isolačního plátna.

Kostra napaječe je uložena ve skřínce zhotovené z 1 mm plechu podle rozměrů na obr. 30. Skříňku opatříme držákem, jehož rozměry jsou uvedeny na obr. 19. Skříňka pozůstává ze dvou bočnic a části pláště, přínýtované nebo připájené k přehybům na bočnicích. Pro lepší vzhled nalakujeme skříňku vhodným lakem. Pohled do smontované a lakované skřínky napaječe zezadu je na obr. 29 a celkový pohled zepředu na titulním obrázku.

V případě, kdy se vám nepodaří opatřit si kondensátor s děleným statorem, nebo se neodvažujete provést úpravu běžného duálu TESLA, je možná ještě jedna úprava zapojení oscilátoru. Jde v podstatě o třibodové zapojení, které má tu výhodu, že jedna část kondensátoru – rotor je uzemněn (obr. 31). Na druhé straně ovšem nastává potíž s odbočkou pro katodu, jejíž nastavení je poměrně kritické obzvláště u vyšších kmitočtů. S takto zapojeným měřičem se vám těžko podaří dosáhnout kmitočtů vyšších než asi 100 až 140 MHz. Zato takovéto zapojení dobře vyhoví u kmitočtů nižších než 5 MHz. U těchto kmitočtů je dokonce toto zapojení výhodnější než ultraaudionové, nakreslené ve schematu obr. 28 u kterého se projevují potíže s vhodným nastavením zpětné vazby při nízkých kmitočtech.

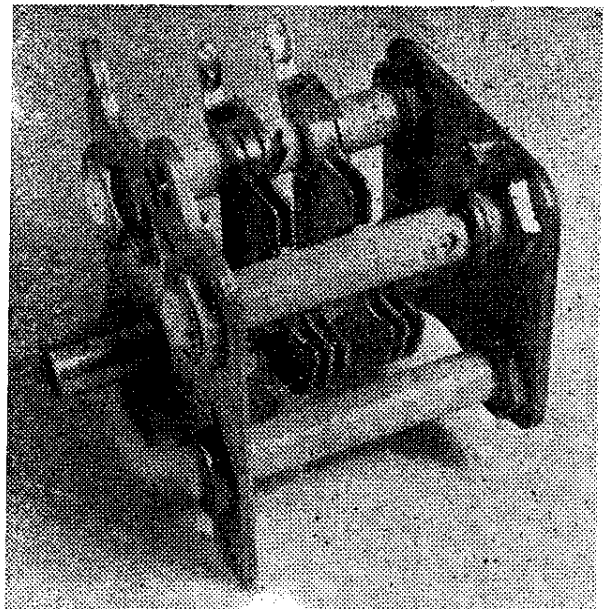
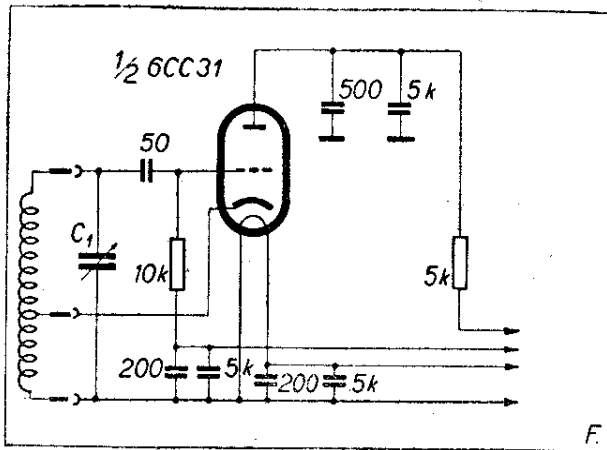
Pro ty, kteří kladou zvýšené požadavky na měřič, uvádíme ještě jedno provedení, které má celou řadu předností. Všimněme si nejprve zapojení na obr. 32. Ve vysokofrekvenční části je tentokrát použito elektronky LD1. Jinak zapojení nevykazuje ve vf části žádných odchylek od předešlého provedení. Na rozdíl od elektronky 6CC31, která má svůj vlastní rezonanční kmitočet v oblasti okolo 500 MHz, má elektronka LD1 vlastní rezonanční kmitočet v oblasti kmitočtů vyšších než 1000 MHz. Dvojitě vyvedená anoda a katoda dovolují snížit indukčnosti přívodů na minimum. Kapacita anoda-mřížka je také nižší. Ve spojení s výprodejním inkurantním otočným kondensátorem malého provedení (viz obr. 33) a pečlivou montáží není problém dosáhnout kmitočtu i 500 MHz.

Nevýhodou výše uvedeného kondensátoru zůstává jeho malá konečná kapacita. Počáteční kapacita je asi 2,5 pF a konečná asi 10 pF, takže změna kmitočtu, které lze dosáhnout na jednom pásmu, je max. asi 1:1,45. Na druhé straně má takovéto úzké kmitočtové pásmo výhodu v mnohem rovnoměrnějším průběhu mřížkového proudu. Velká mechanická stabilita kondensátoru zajišťuje spolehlivost cejchování. Kondensátor vyobrazený na obr. 33 samozřejmě není podmínkou. Je vyobrazen jako ukázka, jak má otočný kondensátor pro VKV vypadat, a jaké provedení kondensátoru je vhodné pro měřič obzvláště do nejvyšších kmitočtů. Aby bylo možné využít plně výhod, které takovýto kondensátor skýtá, a aby dále přesnost cejchování byla vyšší, není náhon kondensátoru proveden přímo, ale přes ozubené soukolí. Toto uspořádání má celou řadu výhod. V první řadě se vzestupným převodem prodlouží délka stupnice z obvyklých  $180^\circ$  asi na  $300^\circ$ , což mimořádně usnadní přesné odečítání. Samostatný náhon stupnice a převod otáčivého momentu na kondensátor pomocí soukolí zabráňuje jakémukoli mechanickému namáhání hřídele kondensátoru při proladování a za třetí umožňuje toto uspořádání umístit kondensátor v oscilátorové jednotce mimo střed montážní desky, takže se prostorové rozložení součástek uvnitř oscilátorové jed-

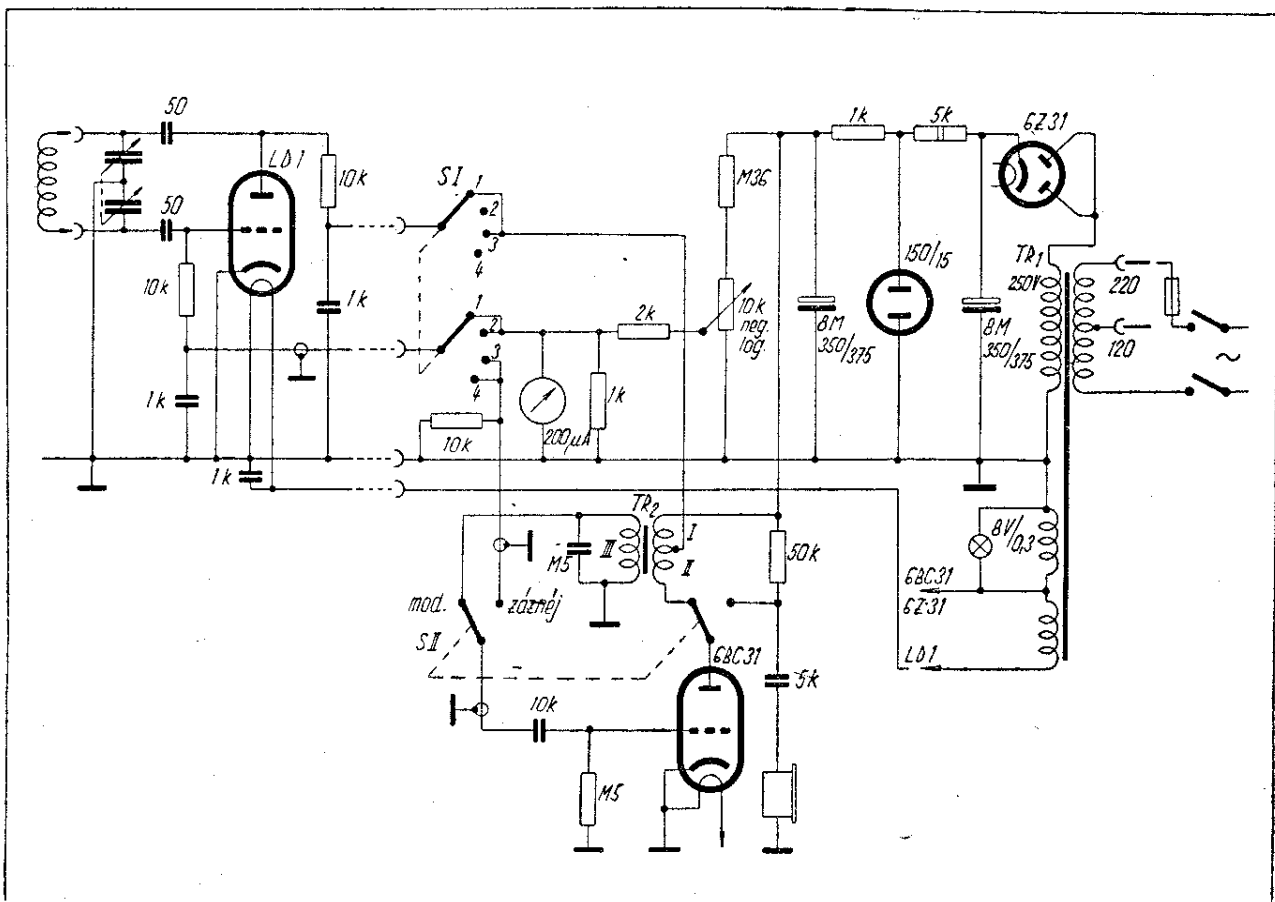


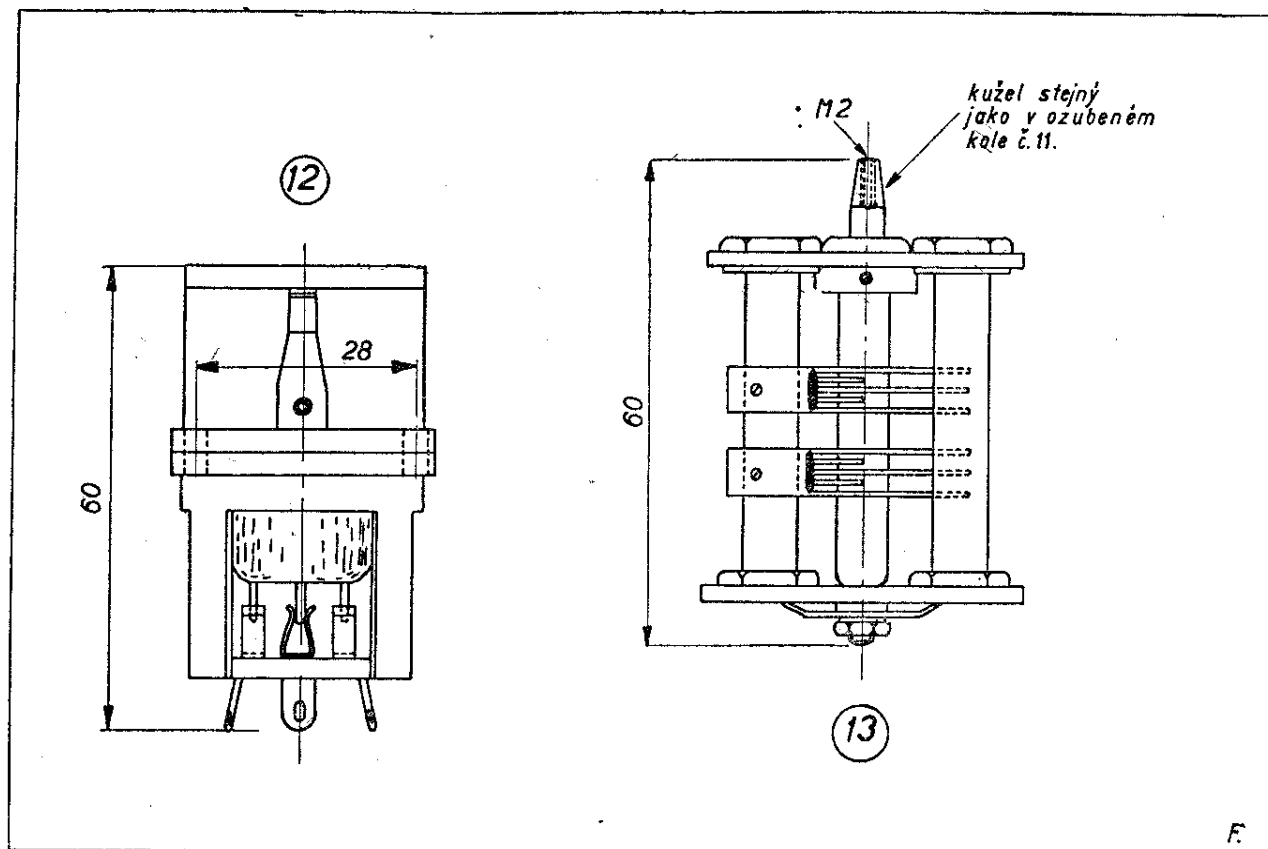
F.

Obr. 30.



notky stane mnohem výhodnějším. Základ celé montáže je nosná deska 4 (viz obr. 36 a 37). Na této desce je jednak připevněn kondensátor (položka 13), jednak elektronka (pol. 12). Kondensátor je opatřen ozubeným kolem z inkurantních zařízení. Toto ozubené kolo je dě-





Obr. 34.

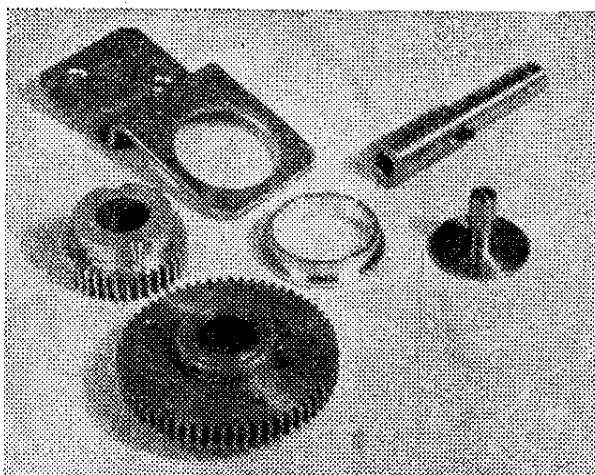
lené a uvnitř opatřené pružinou, která dovoluje vymezit vůli mezi zuby. Jelikož ozubené kolo 11 mělo větší otvor pro hřídel, než jaký byl průměr hřídele otočného kondensátoru, byl otočný kondensátor opatřen vložkou (viz obr. 36). Hřídel pro ozubené kolo (pol. 10) a stupnici je držén jednak úhelníkem (pol. 8) a krátkým čepem, zasahujícím do dutiny hřídele.

Tento čep je vysoustružený z oceli a má tvar plochého hříbečku (viz obr. 35). Čep je přišroubován šroubkem M2 nebo přinýtovaný k základní desce pol. 4. Na tomto čepu se pak otáčí hřídel se slepým otvorem ve své spodní části. K tomuto hřídeli je přichyceno závlačkou ozubené kolo pol. 10. Protože autor měl k dispozici jen ozubené kolo z duralu a dále, aby přichytný úhelník neležel přímo na zubech (pol. 8), bylo ozubené kolo opatřeno mosaznou vložkou pol. 9 (viz obr. 36 a 37). Celek, t. j. hřídel včetně ozubeného kola s vložkou, má vymezenou axiální vůli úhelníkem pol. 8 na straně jedné a na druhé straně dora-

zem o základní desku pol. 4. Na tento celek je přichycen kotouč z 1,5 mm plechu, na kterém je nakreslena stupnice.

Aby mechanické namáhání kondensátoru obzvláště v krajních polohách bylo úplně odstraněno, je na stupnicovém kotouči zašroubován šroubek M2, který tvoří koncový doraz. Tento šroubek se v krajních polohách opírá o hlavičky dvou dalších šroubků, zašroubovaných do horní rovné části – s otvorem o  $\varnothing 17,2$  mm v úhelníku pol. 8. Na obr. 36 a 37 nejsou tyto dva dorazové šroubky znázorněny.

Základní deska včetně převodu a stupnice spolu s kondensátorem a elektronkou tvoří montážní jednotku, která je přichycena k vlastnímu krytu vysokofrekvenční části. Aby i vzhled této vysokofrekvenční části byl pěkný, bylo rozhodnuto použít kulatého tvaru. Zhotovit kulatý kryt navíc ještě se zaoblenou hranou lze uskutečnit jedině tažením na lisu. Protože sotva kdo může takovou práci sám provádět nebo zadávat, bylo hledáno východisko jiné. Na

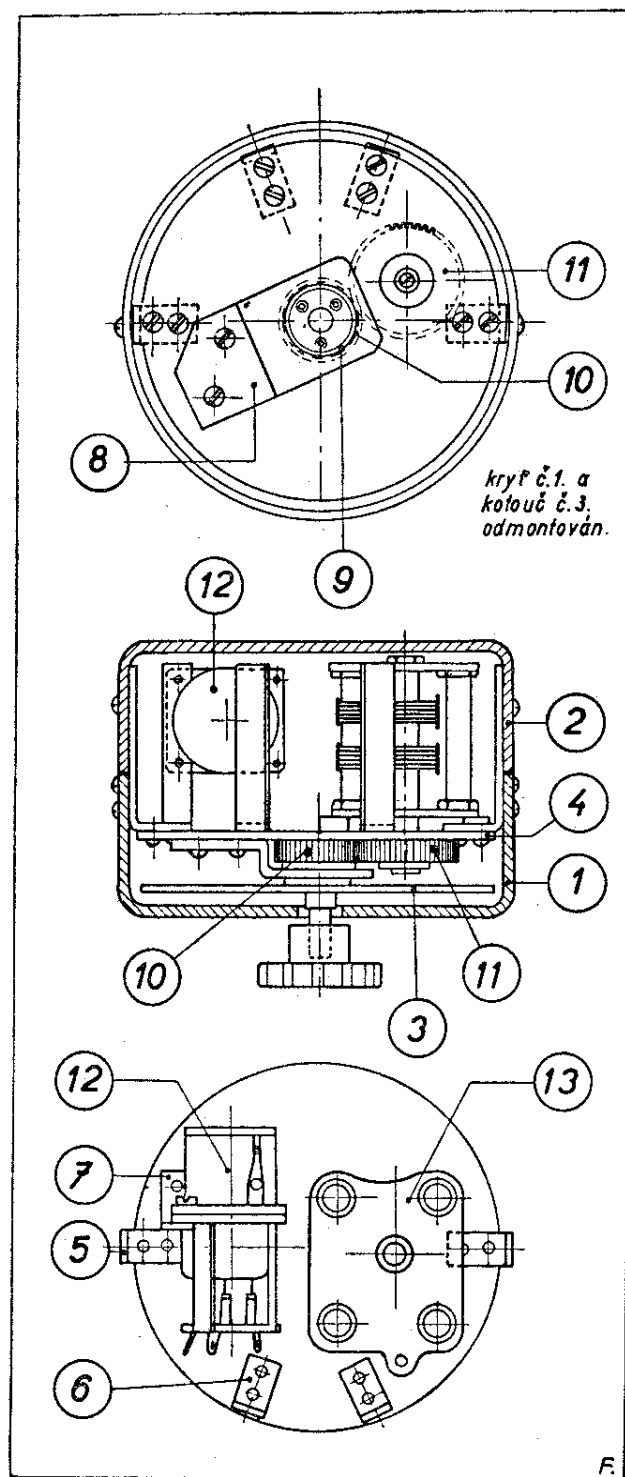


Obr. 35. Součásti převodu.

šťestí se v poslední době objevilo na trhu značné množství hliníkového nádobí a tak bylo pro tento kryt použito dvou hliníkových hrnečků o vnitřním  $\varnothing$  10 cm. Hrnečky se zbavily přínýtovaných držáků a na soustruhu otočily na potřebnou výši (obr. 40).

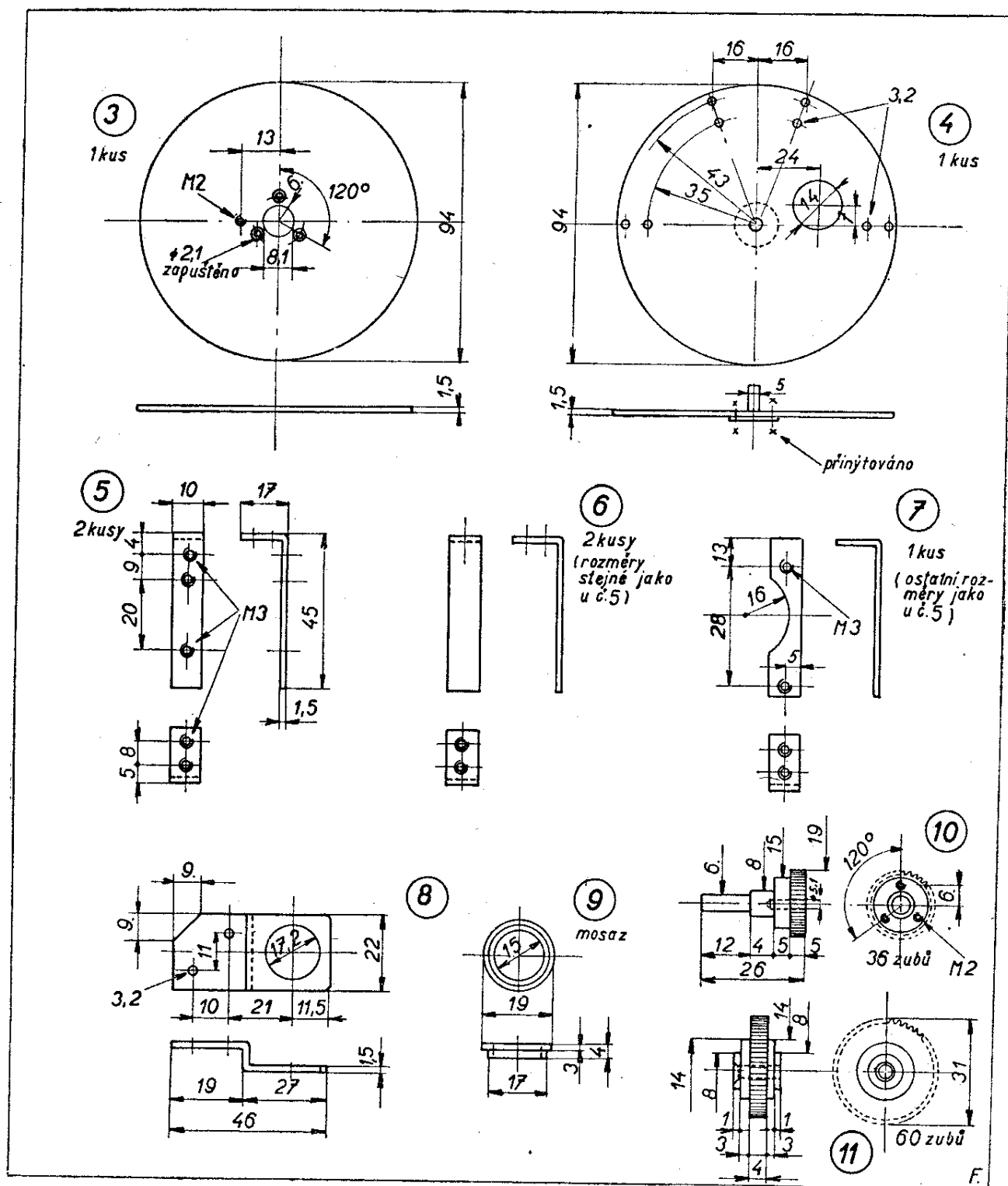
Oba hrnečky dohromady tvoří pak kryt vysokofrekvenční jednotky. Na čelní straně krytu je vyříznut podlouhlý otvor, ve kterém se nacházejí zdířky pro výměnné cívky. Zdířky jsou upevněné v desce z plexiskla silného 3 mm. Deska z plexiskla je ohnuta do tvaru, sledujícího poloměr kulatého krytu. Ohýbání plexiskla nečiní žádné potíže. Stačí k tomu malá olejová lázeň, ve které se plexisklo nahřeje na teplotu asi 140 °C a pak ohne do žádaného tvaru. Po vychladnutí plexisklo podrží ohnutý tvar. Isolační deska z plexiskla je přichycena ke dvěma nosným úhelníčkům (pol. 6). Úhelníčky jsou přišroubovány k základní desce. Přes takto sesazenou montážní jednotku se umísťuje vrchní polovina krytu a připevňuje k základní desce dvěma šroubky M3, na každé straně zašroubovanými do úhelníku (pol. 5). Také tyto úhelníky přišroubovujeme každý dvěma šroubky k základní nosné desce. Spodní kryt je přišroubován na každé straně k vyčnívajícím částem úhelníků (pol. 5) šroubkem M3.

Ve vrchní polovině krytu je vyříznuto okénko pro pozorování stupnice. Umístění a rozměry okénka jsou patrný z výkresu obr. 40 a fotografie obr. 38.



Obr. 36.

Okénko je zespodu zakryto tenkou destičkou z plexiskla, která je přínýtována k horní polovině krytu. Uprostřed má vyrytou rysku pro snadné odečítání údajů na stupnici. Přívod k vysokofrekvenční části je proveden mnohažilovým kabelem. Protože tento měřič má celou řadu funkcí, je přívod od mříž-

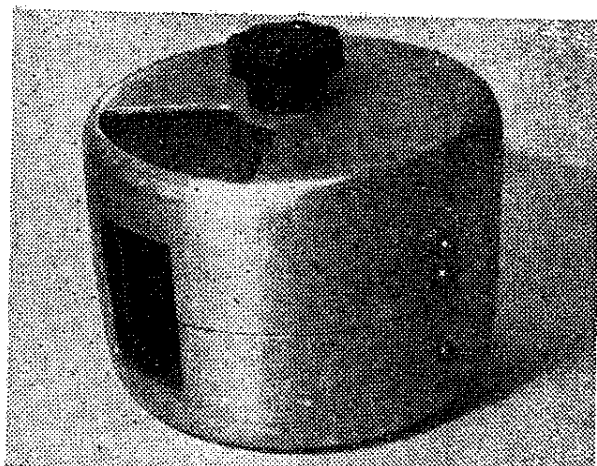


Obr. 37.

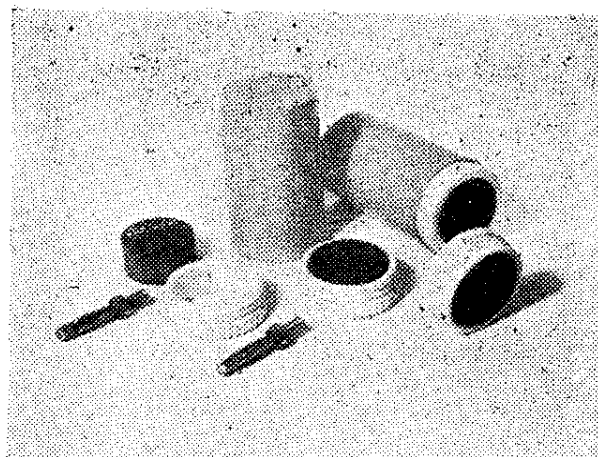
ky  $G_1$  proveden stíněným kablíkem. Napájecí přívod uchytíme příchýtkou k základní desce, aby se nedala vytrhnout.

V zájmu dosažení co nejvyššího pracovního kmitočtu musíme úzkostlivě dbát na to, aby indukčnosti spojů byly

co nejmenší. Veškeré propojování provádíme opět pásky z tenkého měděného plechu a oddělovací kondensátory 50 pF provedeme jako plošné slídové. Jde v zásadě o kousek měděného plechu zahnutého do tvaru mělkého U, do kterého vložíme slídovou destičku.



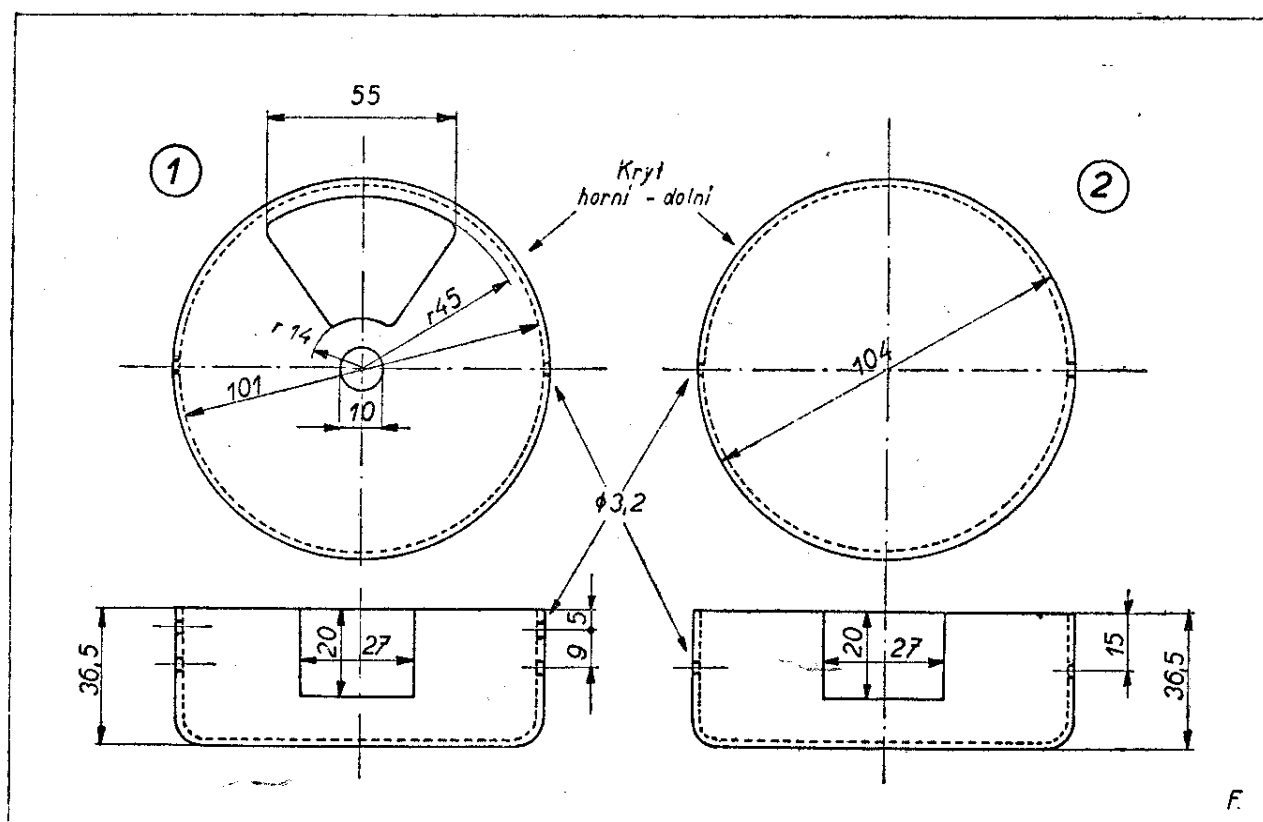
Obr. 38. Schránka na grid-dipmetr.



Obr. 39. Kostry na cívky druhé soupravy.

Na tuto slídovou destičku položíme další měděný pásek, který taktéž přikryjeme slídovou deskou. Celek se mechanicky zajistí přehnutím bočních částí, takže konečný tvar kondensátorku je plochý. Z tělíska kondensátorku vycházejí na obě strany páskové vývody, které se připájejí jednak k ladicímu kondensátoru a jednak k vývodům elektronky. Tako-

výto páskový kondensátor má menší indukčnost než keramické trubičkové kondensátory, které vinou nerovnoměrnosti povrchu vpalovaného stříbrného polepu mají jistou zbytkovou indukčnost. Aby styk plechových vývodů kondensátoru se slídovými destičkami byl pokud možno dokonalý, použijeme slídových destiček z rozebraného slídového kondensátoru.



Obr. 40.

Tyto kondensátory mají stříbrné polepy vpálené do povrchu slídy.

Mechanické provedení cívek je pro tento měřič samonosné od kmitočtu 150 MHz výše. Při kmitočtech nižších příliš nevdává zhoršená jakost cívky vlivem nedokonalého dielektrika nosné trubičky. Proto je pro cívky v tomto přístroji použito tělísek lisovaných z hmoty thermoset. Tělíska byla získána z malých lisovaných slánek – výrobek n. p. Plastika – Havlíčkův Brod. Vrchní část víčka s otvory se odsoustruží a nahradí zátkou z pertinaxu. Tato zátky se zalepí do vysoustruženého víčka. Kolíčky z banánků jsou opět zašroubovány do otvorů opatřených závitem v zátkách z izolační hmoty. Celkové provedení cívek je jinak shodné s cívkami dříve popsány. Kostry vidíme na obr. 39.

Vlastní napáječ je po mechanické stránce obdobného tvaru a provedení jako již popsáný. Liší se však podstatně po elektrické stránce. V první řadě je anodové napětí pro oscilátor stabilizováno malým stabilizátorem na 150 V a 15 mA. Regulace velikosti výchylky mřížkového proudu se neprovádí již řízením anodového napětí, ale nastavením kladného protinapětí, kterým se výchylka částečně zmenšuje. Výhoda tohoto uspořádání spočívá v tom, že se citlivost výchylky nemění a nesnižuje při klesajícím anodovém napětí.

Naopak citlivost zůstává stále stejně velká a jenom se posouvá měřicí rozsah mřížkového ručičkového přístroje do takové oblasti, kde změny ve výchylce jsou zřetelně patrné. Aby regulace a posouvání pracovní oblasti se dělo pokud možno lineárním způsobem, má mít potenciometr 10k negativně logaritmický průběh. Protože však takovýto potenciometr se na našem trhu a ani v inkurantních zásobách nevyskytuje, použijeme jednoduše potenciometru lineárního a spokojíme se s poněkud hrubší regulací u vyšších napětí.

Přístroj je opatřen na přední straně přepínačem  $S_1$ , který umožňuje přepínání funkce. V poloze I, kdy je mřížkový svod zapojen na měřicí přístroj a anodový přívod je na napájecím napětí, pracuje měřič normálním způsobem, t. zn. měří pokles mřížkového proudu. Na

předním panelu je umístěn ještě druhý přepínač  $S_2$ , kterým se elektronka 6BC31 zapíná buď jako nízkofrekvenční zesilovač anebo jako oscilátor tónového kmitočtu. Pokud je přepínač  $S_1$  v poloze I a přepínač  $S_2$  v poloze nf zesílení, je vysokofrekvenční signál nemodulovaný. Přepnutím přepínače  $S_2$  do polohy modulace počne elektronka 6BC31 vyrábět nízkofrekvenční kmity, kterými je oscilátor přes vinutí I ( $TR_2$ ) modulován. Pak je možné měřiče použít jako normálního signálního generátoru pro sladování. Protože je mechanicky mnohem stabilněji proveden a má kmitočtová pásma hodně rozestřena, nečiní potíže nastavit přesný kmitočet, případně tento kmitočet rozladovat o přesně definovanou kmitočtovou hodnotu na obě strany. Možnost zapínání a vypínání modulace činí z měřiče ekvivalent signálního generátoru. Navázání signálu na vstup přijímače se provádí malou vazební smyčkou, zapojenou do vstupu přijímače. K této smyčce podle potřeby přibližujeme nebo vzdalujeme oscilační cívku měřiče.

Modulační transformátorek TR 2 není svým provedením nijak kritický. Stačí zde jakékoliv malé jádro, na které se umístí dostatečný počet závitů. Zvláště vhodné jsou pro tento účel malé hovorové transformátory, používané v telefonních přístrojích. Tyto cívky mají malé jádro rámečkového tvaru, ve kterém je velký prostor pro umístění vinutí.

Ovšem ani toto jádro není podmínkou a vystačí zde s jakoukoliv cívku, která bude mít dostatečně velkou indukčnost, aby kmitala v oblasti tónových kmitočtů. Potřebná indukčnost je asi 0,5 H. Cívka zapojená v anodě má asi třetinu počtu závitů cívky mřížkové. Tento poměr však není kritický a větší odchylky v počtu závitů nahoru nebo dolů nejsou na závadu.

Modulování anodového proudu oscilátorové elektronky probíhá tím způsobem, že společně protéká spolu s anodovým proudem tónového generátoru jedním vinutím. V případě, že by hloubka modulace vlivem různých velikostí anodových proudů použitých elektronek byla malá, je možné vinutí I udělat sa-

mostatně na společném jádře TR 2 a opatřit takovým počtem závitů, při němž hloubka modulace bude postačující.

V druhé poloze přepínače  $S_1$  zůstává připojen mřížkový měřicí přístroj, ale vypíná se anodové napětí. V tomto případě je měřič připraven pracovat jako absorpční vlnoměr. Při přepnutí do třetí polohy připíná se na spodní konec mřížkového svodu místo měřicího přístroje přívod k přepínači  $S_2$ .

Současně je připojeno znovu kladné napájecí napětí. Mřížkový svod oscilátoru je tentokrát zakončen místo měřicím přístrojem odporem  $10\text{ k}\Omega$ . Oscilátor tedy kmitá obvyklým způsobem a jediný rozdíl je, že neindikuje výchylkou měřicího přístroje velikost mřížkového proudu. Při poloze přepínače  $S_2$  „Nf zesílení“ je možno přístroje použít jako záznějového vlnoměru. Sice se na mřížkovém svodu elektronky 6BC32 objeví jen polovina nízkofrekvenčního napětí, které je na mřížce elektronky LD1; ale protože má poměrně značné nízkofrekvenční zesílení, není tento stav na závadu. Tímto způsobem je možné v celém pracovním pásmu snadno provádět přesná srovnávání kmitočtu.

Ve čtvrté poloze přepínače  $S_1$  se odepíná anodové napětí oscilátoru a při přepnutí přepínače  $S_2$  do polohy „Nf zesílení“, pracuje měřič jako přijímač. V tomto zapojení může být používán jako sledovač signálů. Je možné jej použít pro srovnávání záznějovou metodou dvou neznámých kmitočtů a konečně může sloužit i za monitor ke kontrole jakosti modulace a provozního stavu vlastního vysílače.

Uvádění měřiče do chodu není obtížné. Stačí překontrolovat velikost žhavicího a anodového napětí a proudu. Anodový proud je u obou popisovaných oscilátorových dílů přibližně 6 až 8 mA. Anodové napětí u prvního přístroje asi 100 V, u druhého 150 V. Při správných anodových napětích je možné se přesvědčit o správné činnosti přístroje zapojením náhražky cívky, vytvořené asi jedním nebo dvěma závity silnějšího drátu. Zapojením této náhražkové cívky do vstupních svorek se musí měřič rozkmitat. Projeví se to výchylkou na měřicím

přístroji. Protáčením ladícího kondensátoru je možné snadno se přesvědčit o tom, zdali někde nedrhne ladící kondensátor a případnými zkraty nezpůsobuje vypadávání oscilací. Je třeba mít na paměti, že i zkratovaný ladící kondensátor může elektronku rozkmitat, a to na kmitočtech v oblasti 300 až 400 MHz.

Protože v tomto případě ladící kapacitu otočného kondensátoru zastupuje kapacita anoda-mřížka elektronky, která je mnohem menší, stoupne i při vyšším kmitočtu rezonanční odpor obvodu a výchylky mřížkového proudu vystoupí na hodnotu vyšší, než při oscilacích na kmitočtu, odpovídajícím použité cívce a ladícímu kondensátoru.

Je-li stejnosměrný odběr přístroje v pořádku, přesvědčíme se o jeho funkci malým pokusem. Na keramický kondensátor 10 pF připájíme asi 8 až 10 cm dlouhý kousek drátu, stočený do tvaru vlásenky. Kondensátor s drátem spolu utvoří LC obvod. Přiblížením provisorní cívky k měřiči odzkoušíme jeho citlivost a funkci. Při naladění na kmitočet, který je dán kondensátorem a stočeným drátem, nastane pokles mřížkového proudu. Důvod pro to je, že vnější obvod z kondensátoru a drátu odssává energii z cívky oscilátoru, když oba jsou naladěny na stejný kmitočet. Ztráta energie z oscilačního obvodu působí snížení zpětné vazby, zmenšení amplitudy oscilace a tím i snížení velikosti mřížkového proudu. Pokles v mřížkovém proudu bude v tomto případě pravděpodobně velmi ostrý, což svědčí o vysoké jakosti LC obvodu.

Po těchto zkouškách můžeme přistoupit k cejchování a seřizování cívek. Přitom postupujeme od nejvyššího dosažitelného kmitočtu směrem k nižším. Předpokládáme při tomto seřizování, že konstruktér nemá k dispozici ani vlnoměr ať již interferenční nebo absorpční. V tom případě nezbude než použít Lecherova systému k měření a cejchování. Jde v zásadě o nám již známou linku. Ovšem pro účely, pro které jí tentokrát hodláme použít, musíme linku přizpůsobit. V první řadě je třeba si uvědomit, že linkou lze měřit kmitočty jen do vlnových délek, které jsou maximálně stejně dlouhé a nebo kratší než délka drátů

Lecherova systému. Hodláme-li tedy cejchovat od nejvyšších kmitočtů až po kmitočty asi 60 MHz, musí délka vodičů Lecherova systému být aspoň 5 m.

Toto je délka, která se těžko umísťuje v normálním občanském bytě a proto u těchto kmitočtů a u kmitočtů nižších bude nutno sáhnout k jinému způsobu cejchování.

Lecherův systém vypneme na dřevěném kozlíku. Nejlépe se tento kozlík zhotoví ze dřeva ve tvaru T. Kousek prkna nebo lišty asi 4 cm široké se na spodní straně vyztuží podobnou lištou, hřebíčky přibíto do středu horní lišty. Takto vytvořené dřevěné T o potřebné délce opatříme na rovných koncích dřevěnými špalíčky. Na jednom konci upevníme keramické distanční sloupky a ke koncům keramických distančních sloupků zakotvíme tvrdý měděný drát. Druhé dva konce drátu uchytíme buď do oček lanových napínačů nebo na př. k matce většího průměru. Zašroubováním šroubu opírajícího se hlavou o dřevěný špalek, přichycený na konci T profilu, vypínáme měděný drát. Vzdálenost mezi dráty má být po celé délce pokud možno rovnoměrná a nemá být větší než asi 2 % nejkratší měřené vlnové délky. Oba vypnuté vodiče opatříme na izolovaném konci vazební smyčkou. Vazební smyčka musí být provedena dostatečně pevně, aby neměnila svou polohu během měření a tím nerozladovala Lecherův systém, což by znemožňovalo provádět přesná měření. K této vazební smyčce se přiblíží měřená cívka měřiče. Nyní pohybujeme po vodičích Lecherových drátů zkratovací jho. Délku drátu postupně projíždíme směrem od vazební smyčky. V jisté poloze nastane pokles mřížkového proudu. Toto místo si zaznamenejme. Postupným pohybem zkracovacího jha po Lecherově systému najdeme ještě jedno vzdálenější místo, ve kterém nastává další pokles mřížkového proudu (obr. 41). Vzdálenost  $X$  mezi oběma těmito body udává polovinu délky měřené vlny. Potřebný kmitočet zjistíme z rovnice

$$f = \frac{150}{\text{vzdálenost } X} \text{ (MHz; m)}$$

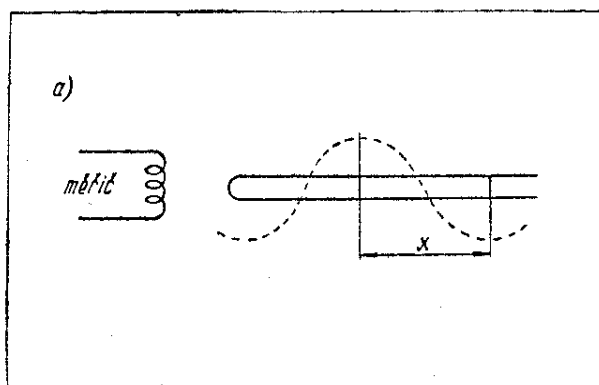
Při provádění těchto měření je důležité

v zájmu přesnosti, aby vzdálenost mezi oběma měděnými dráty, tvořícími Lecherův systém, zůstávala stálá.

Zkratovací jho se musí obou vodičů dotýkat pokud možno jenom v jednom místě. Ostrá hrana nejenom že pomáhá vytvořit dobrý dotyk, ale umožňuje i přesnější určení vzdálenosti  $X$ . Aby přesnost měření byla co největší, je třeba užít co nejvolnější vazby mezi měřenou cívkou a Lecherovými dráty.

Aby se dráty při měření neprohýbaly, což snadno může nastat při velké délce drátu a značném tlaku, potřebném pro vytvoření dobrého dotyku, je nejlépe umístit zkratovací jho na dřevěný blok, posuvně umístěný na nosné  $T$  liště. Tento dřevěný blok má pak na čelní straně příčně upevněné zkratovací jho s hranou na přední straně. Na zadní části má umístěn přídržný příčný pásek, který dráty tlačí zpět do vodorovné polohy. Jelikož vzdálenost mezi zkratovacím jhem a rovnoběžným přídržným páskem na zadní straně bloku je malá, drát doléhá dobře na břit jha, aniž by přitom nastávalo mechanické prohýbání po celé délce drátu (viz obr. 42).

Cívky seřizujeme tak, aby na nejvyšším pásmu bylo při otevřeném kondenzátoru dosaženo co nejvyššího kmitočtu. Měřením pak zjistíme kmitočet, při kterém začínají vysazovat oscilace na nejvyšším pásmu. Druhá cívka se pak seřídí tak, aby značně překrývala tento bod, kdy oscilace vysazují. U třetí cívky není již pak třeba většího překrytí než asi 5 MHz. U dalších cívek stačí postupně ještě menší překrývání. Vlastní cejcho-



Obr. 41.

vání se provádí až při mechanicky úplně dohotoveném a elektricky připraveném a odzkoušeném přístroji. Stupnici opatříme nejprve úhlovým dělením od 0 do 180°. Pomocí Lecherova systému zjistíme průběh kmitočtu na jednotlivých rozsazích na stupnici. Toto rozdělení kmitočtu si zaznamenáme do tabulek. Z hodnot uvedených v tabulkách vypracujeme křivky, které slouží jako podklad pro pozdější kreslení stupnice. Bohužel cejchování pomocí Lecherova systému není dostatečně přesné. Vzdálenost mezi dvěma místy poklesu mřížkového proudu je totiž z různých příčin o něco kratší, než odpovídá polovině délky měřené vlny. Přesnost je asi 3 %.

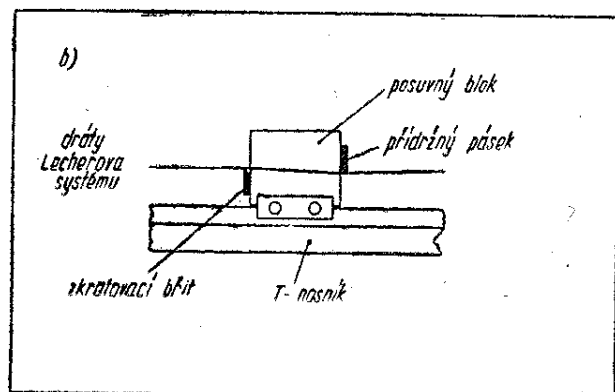
Proto je toto cejchování jen orientační a přesné určení kmitočtů musíme provést záznejovou metodou. Za tím účelem si zhotovíme malý pomocný oscilátor, kmitající na kmitočtu na př. 5 MHz. Srovnáváním harmonických tohoto oscilátoru s kmitočtem měřiče na nulový záznej máme možnost nalézt body přesného kmitočtu na stupnici. Orientační kmitočtový průběh stupnice, pořízený Lecherovým systémem, nám přitom podstatně usnadní vyhledání přesných cejchovních míst. Podle přesných bodů takto určených nečiní potíže zhotovit opravňnou křivku průběhu stupnice a podle této pak stupnici nakreslit. Pomocí tohoto oscilátoru, případně dalšího s kmitočtem 1 MHz, cejchujeme záznejovou metodou cívky v pásmu do 80 MHz.

Je jasné, že cejchování při nižších kmitočtech (na př. 10 MHz) nebudeme již provádět kmitočtem 1 MHz, protože

bychom obdrželi příliš malý počet cejchovních bodů na stupnici. S klesajícím kmitočtem i cejchovní kmitočet, který použijete, musí být nižší. U kmitočtů 100 kHz (případně 10 kHz) není třeba používat krystalového oscilátoru, ale postačí dostatečně přebuzený (t. j. s dostatečně silnou zpětnou vazbou) oscilátor, který vlivem silnější zpětné vazby bude mít vyšší obsah harmonických kmitočtů. Samozřejmě, že je možné i oscilátor 1 MHz nahradit takovýmto jednoduchým uspořádáním. Avšak zde je již otázka stability kritičtější a i poměrně malé odchylky vlastností použitých součástí způsobují značné změny kmitočtu. Tyto změny (t. j. nepřesnosti) se pak dále zvětšují při použití harmonických kmitočtů. S násobkem základního kmitočtu roste i kmitočtová chyba. Proto je výhodnější pro toto cejchování si vhodný oscilátor řízený krystalem někde vypůjčit nebo v nejhorším případě kontrolovat soustavně správnost kmitočtů stálostí záznej s některou z kmitočtově nejbližších rozhlasových stanic ve středovlnném pásmu.

Co bylo řečeno o stabilitě 1 MHz oscilátoru, platí ještě ve zvýšené míře pro oscilátor 5 MHz.

Poté, co jsme pohovořili o tom, jakým způsobem uvádět měřič v chod, povíme si ještě, jaká měření je možné s tímto přístrojem provádět. Tedy v první řadě lze tímto přístrojem určovat rezonanční kmitočet jakéhokoliv pasivního obvodu. Přitom se zjišťování rezonančního kmitočtu laděného obvodu neomezuje jenom na klasické obvody, známé na př. z konstrukce přijímačů nebo vysílačů. Stejně dobře je možné zajišťovat rezonanční kmitočet u součástek, u kterých na první pohled je měření rezonančního kmitočtu záležitostí neobvyklou. Tak na př. je možné měřit rezonanční kmitočet různých kondensátorů, ať již blokovacích, papírových, slídových nebo keramických anebo kondensátorů určených pro vysokofrekvenční obvody. Vývody kondensátoru se pro toto měření vzájemně spojí do krátka, tak aby tvořily malou smyčku. Přiblížením cívky měřiče snadno nalezneme kmitočet, na kterém nastává pokles. Podobným způsobem lze změřit i vlastní rezonanční kmitočet na př. tlu-



Obr. 42.

mivek, cívek, dvoudrátových zakončených vedení a dokonce i kmitočet anten.

Resonanční kmitočet tlumivky se měří stejným způsobem, jako resonanční kmitočet (vlastní resonanční kmitočet) cívek. Je to pochopitelné, protože tlumivka je sama o sobě také cívkou, i když často silně zatlumenou.

Samozřejmě je možné grid-dipmetru použít i pro sladování rozhlasových přijímačů. Pro nastavení mezifrekvence použijeme cívky, která kmitá v potřebném rozsahu. U jednoduché konstrukce, která byla popsána za použití popisovaného kondensátoru, je rozsah překrytých kmitočtů v rozmezí asi 1 : 2,4 na středních vlnách. Pro překrytí středních vln a obvyklé mezifrekvence v oblasti kmitočtu 450 kHz budou tedy zapotřebí dvě cívky. Pro sladování mezifrekvence se vazební cívkou o několika závitěch naváže oscilační cívka grid-dipmetru na vstup směšovací elektronky. Pokud je grid-dipmetr modulován tónovým kmitočtem, postupujeme při sladování obvyklým a mnohokrát již popsaným způsobem. V případě, že by byl nemodulován, je možné měřit místo výstupního nf výkonu stejnosměrné napětí na pracovním odporu detektoru elektronkovým voltmetrem. Potřebného zeslabení vstupního napětí během sladování se dosáhne vzdalováním oscilační cívky od cívky vazební.

Nastavení vstupních cívek se provádí nejlépe normálním způsobem, t. j. podle poklesu mřížkového proudu měřiče. Do antenních svorek se připojí vazební smyčka a podle údajů kmitočtu grid-

dipmetru a požadovaného rozsahu, ve kterém má vstupní obvod ladit, se vybere pásmo obsáhnuté vstupním laděným obvodem. Stejně tak se určí i místa pro sladování na souběh s oscilátorem.

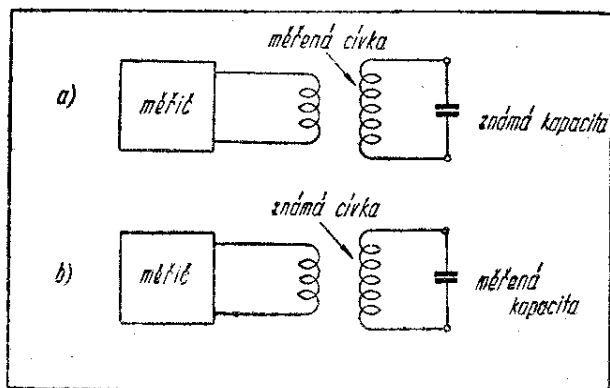
Tímto způsobem postupujeme, když stavíme nový přístroj s cívkami vlastní konstrukce. V případě, že cívky jsou zhruba předladěné a jsou známy kmitočty souběhu, postupujeme obvyklým způsobem, t. j. naladěním oscilátoru a dotažením vstupních obvodů na sladovací kmitočty.

Potíže nečiní ani měření hodnoty indukčnosti, případně velikosti neznámé kapacity. Není problém opatřit v konečném stavu stupnici měřiče úhlovým dělením, podle kterého lze sestavovat cejchovní křivky k určení neznámé kapacity nebo indukčnosti. Tak na př. je možné měřit indukčnosti způsobem naznačeným na obr. 43.

Zhotovíme ještě malý nosníček se svorkami pro připojení cívek. Ke svorkám připojíme známou kapacitu. Kapacitu zapojenou na svorky přesně změříme jakoukoli jinak známou metodou anebo se spolehneme na údaj na kondensátoru. V tom případě se ovšem doporučuje použít kondensátoru o malé toleranci. Nejuniversálnější použitelná je kapacita 100 pF. Ke svorkám, ke kterým je připojena kapacita, zapojujeme neznámou cívku a protáčením měřiče hledáme resonanční kmitočet, na kterém nastane pokles v mřížkovém proudu. Podle kmitočtu, na kterém tento pokles nastal, spočítáme indukčnost cívky z rovnice nám již známé

$$L = \frac{25\,300}{C \cdot f^2} [\mu\text{H}; \text{pF}, \text{MHz}]$$

Za hodnotu  $C$  dosazujeme kapacitu a za  $f$  kmitočty resonance. Bez potíží lze zhotovit grafické znázornění závislosti resonančního kmitočtu na velikosti měřené cívky. Tímto způsobem s 100 pF kondensátorem je možno měřit indukčnost v rozmezí 0,1 až 100  $\mu\text{H}$ . Pro vyšší hodnoty indukčnosti by theoreticky bylo snad výhodnější snížit ladící kapacitu. Ale protože jde o cívky s poměrně velkým počtem závitů, tedy i se značnou vlastní kapacitou, nelze tímto způsobem



Obr. 43.

postupovat. Vlastní kapacita cívky je pak srovnatelná s ladící a výsledek by byl nepřesný.

Stejným způsobem měříme i neznámé kapacity. Za tím účelem si zhotovíme cívku o známé indukčnosti na př.  $5 \mu\text{H}$ . Takováto cívka má na př. 17 závitů drátu o  $\varnothing 0,5 \text{ mm}$  vinutých na  $\varnothing 25 \text{ mm}$  s vinutím rozloženým po délce  $26 \text{ mm}$ . Při měření postupujeme stejným způsobem jako při měření indukčnosti. Připojujeme neznámou kapacitu k cívce a hledáme rezonanční kmitočet. Při známé hodnotě indukčnosti vypočítáváme kapacitu podle známé rovnice

$$C = \frac{25\,300}{L \cdot f^2} [\text{pF}; \mu\text{H}, \text{MHz}]$$

Z tohoto vztahu sestrojíme opět křivku závislosti indukčnosti na rezonančním kmitočtu. Cívkou o indukčnosti  $5 \mu\text{H}$  lze takto měřit kapacity od 2 do  $\approx 1000 \text{ pF}$ .

Při měření malých hodnot indukčnosti a kapacit nesmíme zapomenout na korekci, neboť držák pomocné cívky, případně kondensátoru, má sám o sobě kapacitu přibližně  $1 \text{ pF}$  a indukčnost  $0,04 \mu\text{H}$ .

Stejně uspořádání je možné použít i pro měření činitele vazby mezi dvěma cívkami. Zde se jednoduše provedou dvě měření. Při měření je druhá cívka induktivně vázaná na první. Měřičem a pomocnou kapacitou se zjišťuje rezonanční kmitočet a tím i indukčnost první cívky. Poté se druhá cívka zkratuje a měří se znova indukčnost první cívky. Činitel vazby, který váže obě cívky, je dán výrazem

$$k = \sqrt{1 - \frac{L_{zkr}}{L_{otv}}}$$

přičemž  $L_{zkr}$  je indukčnost cívky první, když cívka druhá je zkratována a  $L_{otv}$  indukčnost cívky první při otevřené druhé cívce.

Měřičem lze také určovat jakost měřených cívek. Za tím účelem je však třeba nejprve přesně určit průběh ladící kapacity v pF. Pak je možné určovat jakost cívek na principu malé kapacitní změny. Při tomto měření jde o metodu nepřímou, která se zakládá na měření

širě pásma rezonanční křivky. Jak známo, je širě pásma rezonanční křivky závislá na jakosti  $Q$  okruhu. Snadno lze odvodit vztah

$$Q = \frac{C}{\Delta C} \cdot \sqrt{n^2 - 1}$$

V této rovnici značí  $C$  — kapacitu při resonanci,  $\Delta C$  — kapacitní změnu hodnoty  $C$ . Obě hodnoty  $C$  se dosazují v pF.

Dále kde

$$n = \frac{I_r}{I}$$

$I_r$  přitom znamená velikost poklesu mřížkového proudu při naladění na resonanci a  $I$  znamená pokles mřížkového proudu při rozladění od resonance o hodnotu  $\Delta C$ .

Postup při měření je tedy tento:

Měřenou cívku připojíme ke známé kapacitě do svorek, které jsme používali pro měření indukčnosti. Měřičem přitom tento obvod vybudíme. Při proladování měřiče nastane v určité poloze pokles mřížkového proudu. Odečteme nyní rozdíl v proudu, který nastal mezi stavem v blízkosti resonance a stavem při resonanci. Na př. při oddálení měrné cívky od měřeného okruhu je v místě resonance mřížkový proud  $150 \mu\text{A}$ . Přiblížením měřeného okruhu klesne mřížkový proud na  $118 \mu\text{A}$ . Rozdíl je tedy  $32 \mu\text{A}$ . Při rozladění klesá nyní rozdíl ve výchylce. Tak na př. při rozladění o  $1,5 \text{ pF}$  na jednu i na druhou stranu stoupne mřížkový proud na  $130 \mu\text{A}$ . Tato výchylka odpovídá rozdílu  $20 \mu\text{A}$ . V tomto případě pak je hodnota  $n$

$$n = \frac{32}{20} = 1,6$$

Hodnota  $Q$  obvodu záleží dále na kapacitě, která byla nastavena při resonanci. Předpokládejme, že byla  $42 \text{ pF}$ . Pak

$$Q = \frac{42}{1,5} \sqrt{2,56 - 1} = 28 \cdot 1,25 = 35.$$

Tedy jak vidíme, jakost nepřiliš vysoká. Vidíme zde ale také jiný důležitý požadavek. Aby bylo možné měřit jakosti, je třeba, aby mechanické provedení bylo stabilní. Vždyť rozladění o pouhých

1,5 pF při poklesu výchylky mřížkového proudu asi o polovinu znamená již nízkou jakost  $Q = 35$ . A což teprve, kdyby cívka měla vyšší jakost? Pak ještě více záleží na přesném rozladění o známou malou hodnotu kapacity. Nezapomeňte, že přesnost naměřené hodnoty záleží na přesnosti provedeného rozladění, jakož i na přesnosti stupnice kondensátoru. Na štěstí chyby zaviněné proměnnou vzdáleností měřené cívky od měřiče jsou malé. Výsledek neurčuje totiž absolutní hodnota mřížkového proudu, ale poměr velikosti poklesu mřížkového proudu při dvou různých kmitočtech.

Samozřejmě, že během měření nelze měnit velikost vazby měřiče s měřeným obvodem, aniž by byl výsledek ovlivněn. Přesto ale tato metoda není nijak kritická.

Větší přesnost odečítání hodnoty  $Q$  dosáhneme bez potíží, vezmeme-li za základ větší počet měření hodnot pro různá  $\Delta C$  a  $n$ .

Měřičem poklesu mřížkového proudu lze provádět taktéž i měření vlastní kapacity cívek. Nejlepší metodou, jak změřit  $C_0$  cívky, je stanovení jejího vlastního přirozeného kmitočtu. Předpokladem je, že vlastní indukčnost cívky se příliš nemění s kmitočtem. U vzdušných cívek je tento stav vždy zachován. U cívek se železovými či ferritovými jádry je třeba větší opatrnosti. K měrné kapacitě pro měření indukčností připojíme měřenou cívku a změříme rezonanční kmitočet. Vlastní kmitočet cívky  $f_0$  bývá řádově asi  $5 \times$  vyšší. Nyní měřenou cívku odpojíme a k měrnému kondensátoru připojíme cívku, která ladí na požadovaném asi  $5 \times$  vyšším kmitočtu. Cívku nejprve upravíme, aby splňovala tento požadavek. Pak ji odpojíme od měrného kondensátoru a připojíme na pomocný ladicí kondensátor s maximální kapacitou asi 150 pF. Kondensátor nastavíme asi doprostřed rozsahu a nalezneme rezonanční kmitočet. Poté připojíme paralelně k ladicímu kondensátoru (pomocnému otočnému kondensátoru a cívce) cívku, jejíž vlastní resonanci chceme změřit. Nyní otáčením pomocného ladicího kondensátoru se snažíme nalézt

původní resonanci. Všimáme si přitom, zda hodnota kapacity stoupla či klesla. Jestliže je třeba přidat kapacitu, pak zvýšíme kmitočet měřiče. Jestliže bylo pro nové vyladění třeba kapacity ubrat, snížíme kmitočet měřiče.

Pak odpojíme zkoušenou cívku a na novém kmitočtu nalezneme resonanci pomocí pomocného otočného kondensátoru. Znova připojíme měřenou cívku k laděnému obvodu a pozorujeme, zdali se rezonanční kmitočet zvýšil nebo snížil. Tímto způsobem postupujeme tak dlouho, až připojení a odpojení měřené cívky nezpůsobí žádnou změnu rezonančního kmitočtu pomocného obvodu cívky.

Celý princip měření spočívá na fyzikální vlastnosti laděného obvodu, který při resonanci se chová jako čistě ohmický odpor. Cívka jakkoliv provedená má vždy určitou vlastní kapacitu. Cívka spolu s touto kapacitou tvoří paralelní rezonanční obvod, a to i tehdy, když není připojený žádný vnější kondensátor a cívka je zdánlivě otevřena.

Na kmitočtu vyšším než rezonanční se paralelní ladicí obvod (v tomto případě samotná cívka) chová jako kapacita, a to tím větší kapacita, čím vyšší je kmitočet proti kmitočtu rezonančnímu. Naopak při kmitočtu nižším, než rezonanční, se laděný obvod chová jako indukčnost.

Princip měření tedy spočívá v tom, že k nějakému laděnému obvodu, který rezonuje přibližně v oblasti vlastní resonance měřené cívky, připojujeme ještě navíc paralelně měřenou cívku. Připojením měřené cívky k pomocnému laděnému obvodu nastane rozladění, a to podle toho, chová-li se na rezonančním kmitočtu pomocného obvodu měřená cívka jako kapacita nebo indukčnost. Je-li rezonanční kmitočet pomocného obvodu vyšší než vlastní kmitočet měrné cívky, pak se tato chová jako kapacita a rozladí pomocný obvod směrem k nižším kmitočtům a naopak. Aby se dosáhlo původního rezonančního kmitočtu, je tedy třeba ubrat ladicí kapacitu. Postupným vyrovnáváním, opakujeme měření tak dlouho, až nalezneme přesně kmitočet, při kterém se pomocný ladicí okruh připojením měrné cívky nerozladí. Kmitočet, na kterém je tohoto stavu

# ČTĚTE RADIOTECHNICKOU LITERATURU

Uvedené publikace Vám zašle Ústřední radioklub Svazarmu, Praha II,  
Václavské náměstí 3, buď na dobírku nebo předem zaslaný obnos.

Kamínek: Jak se stanu radioamatérem . . . . .	Kčs 4,—
Maurenc: Poznáváme radiotechniku . . . . .	Kčs 6,—
Maurenc: Jednoduchý přijímač pro začátečníky . . . . .	Kčs 1,—
Dršťák: Radioamatérova dílna a laboratoř . . . . .	Kčs 9,50
Chajkin: Slovník radioamatéra . . . . .	Kčs 11,45
Batrákov-Kin: Základy radiotechniky . . . . .	Kčs 12,95
Vajnštejn-Konašinskij: Úlohy a příklady pro radioamatéry .	Kčs 10,—
Sedláček: Amatérská radiotechnika . . . . .	Kčs 63,50
Siegel: Kmitočtová modulace . . . . .	Kčs 3,50
Čestnov: Od radia k televizi . . . . .	Kčs 9,68
Šamšur: Radiolokace . . . . .	Kčs 3,87
Korol'kov: Mechanický záznam zvuku . . . . .	Kčs 3,50
Schemata inkurantních zařízení . . . . .	Kčs 9,—
Anteny amatérských vysilačů . . . . .	Kčs 10,—
Donát: Elektronický osciloskop . . . . .	Kčs 18,—
Příruční katalog elektronek TESLA . . . . .	Kčs 4,—
Seznam značek států, ostrovů a území s mapou . . . . .	Kčs 3,—

dosaženo, je resonančním kmitočtem měřené cívky. Hodnota vlastní kapacity cívky je dána vztahem

$$C_o = \left( \frac{f_1}{f_o} \right)^2 \cdot C$$

přičemž  $f_1$  je resonanční kmitočet měřené cívky spolu s měrnou kapacitou  $C_1$ .  $f_o$  je vlastní resonanční kmitočet tak, jak jsme jej naměřili naposled popsanou metodou. Takto vypočítaná hodnota vlastní kapacity vychází s přesností asi  $\pm 15\%$ .

Měřič poklesu mřížkového proudu najde cenné uplatnění v dílně amatéra vysilače. Není třeba zvlášť zdůrazňovat, že seřizování vysilače naráží leckdy na různé potíže.

Jednou z takovýchto potíží jsou parazitní a harmonické kmity. Efektivní potlačení harmonických kmitočtů je nutno provádět ve třech postupných fázích. Za prvé je třeba snížit amplitudu harmonických kmitočtů, vznikajících ve vysilači. Tyto harmonické kmitočty závisí na mechanickém, elektrickém provedení a na provozních podmínkách vysilače. Za druhé se musí zabránit nežádoucímu záření z vysilače a přidružených spojů. Toto vyžaduje dostatečné stínění a filtrování všech obvodů a přívodů. Za třetí je třeba zabránit harmonickým kmitočtům, aby postupovaly do anteny. Při všech těchto pracích, spojených s odstraňováním vyzařování harmonických kmitočtů, měřič účinně pomůže. Ať již při měření silného vyzařovaného harmonického kmitočtu, při přepnutí na absorpční vlnoměr nebo při zjišťování intensity a kmitočtu měřičem zapojeným jako interferenční vlnoměr.

Samozřejmě, že měřiče je možno použít ještě i k jiným účelům. Tak na př. široké uplatnění najde i při neutralisování vysilače. Při normálním způsobu neutralisace se zesilovač, který má být neutralisován, vyžhává a vybudí výstupním výkonem předešlého stupně. Neutralisovaný stupeň má při tom odpojené anodové napětí. Účelem neutralisace je zmenšit na minimum pronikání vysokofrekvenčního napětí ze vstupu zesilovače, procházejícího přes kapacitu mřížka-anoda na výstup elektronky. Nastavování se provádí pozvolným otá-

čením neutralizačního kondensátoru nebo neutralizační vazby, až vysokofrekvenční indikátor ve výstupu ze zesilovacího stupně ukazuje minimální napětí. Obvykle se jako výstupního indikátoru používá malých žároveček, připojených k jednomu závitu drátu. Zde se měřič uplatní dvojím způsobem.

Je možné jej použít jako absorpčního vlnoměru a podle výchylky měřícího přístroje v mřížce elektronky usuzovat na velikost pronikajícího vysokofrekvenčního napětí.

Lze také neutralisovat pomocí měřiče indikací vzájemného ovlivnění obvodů přes kapacitu anoda-mřížka. Při navázání měřiče na mřížkový obvod zesilovače se objeví v nevynutralisovaném zesilovači pokles mřížkového proudu při proladování anodového obvodu. Tento pokles nastává odssáváním energie z měřiče přes kapacitu anoda-mřížka. Čím lépe je stupeň neutralisován, tím menší je efektivní průniková kapacita a samozřejmě pak menší i pokles výchylky mřížkového proudu. Výhoda takového nastavení neutralisace spočívá v tom, že není třeba navazovat jakýkoliv indikátor v napětí na anodový obvod. Takovýto indikátor vždy rozladuje anodový obvod a mění normální pracovní podmínky, takže se nedosáhne 100% vyneutralisování.

Měřičem zapojeným jako absorpční vlnoměr je možné zjišťovat nežádoucí oscilace ve vysilači. Jeden možný postup je tento: Do mřížkového obvodu budícího stupně se zapojí cívka pro vysoké kmitočtové pásmo, na př. 28 MHz, a do anody cívka pro 3,5 MHz. To proto, aby se zabránilo jakémukoliv rozkmitávání laděnou mřížkou, laděnou anodou na pracovním kmitočtu. Takovéto kmity by mohly skreslovat výsledky při odstraňování nežádoucích oscilací.

Jako další krok odstraní se veškerá pevná předpětí a nahradí se mřížkovými svody 10 až 20 k $\Omega$ . V kapacitně vázaném stupni napojí se budič obvyklým způsobem. Anodový obvod se však nezatežuje. To znamená, že následující elektronka se ponechá na místě, ale její žhavení zůstane vypnuté. U koncového stupně se odpojí antena. Anodové napětí a napětí na stínící mřížce se sníží na ta-

kovou hodnotu, při které není překročena tepelná ztráta elektronky.

Nyní při různých polohách ladicího prvku mřížkového obvodu se protáčí anodovým ladicím kondensátorem v celém rozsahu. To se opakuje při různých nastaveních mřížkového obvodu. Jakýkoliv náznak mřížkového proudu a pokles nebo nestabilita v anodovém proudu na kterémkoliv místě naznačuje oscilace. Toto může být potvrzeno a kmitočet oscilací změřen měřičem poklesu mřížkového proudu, přepnutého do funkční polohy „absorpčního vlnoměru“.

Tento výpočet možných použití pro měřič poklesu mřížkového proudu nevyčerpává všechny možnosti a jistě každý majitel takového přístroje ať již stávající nebo budoucí najde celou řadu dalších použití.

Jedním z takových použití je i na př. uvádění do chodu a sladování televizních přijímačů. Nejen že se zde grid-dipmetr dobře uplatní při vyvažování mezifrekvence, ale je přímo nepostradatelný při zhotovování cívek pro vstupní obvody na př. superhetového přijímače. Samozřejmě, že i cívky pro mezifrekvenční obvody se mnohem snáze zhotoví, když je možné zjistit podle poklesu výchylky měřiče kmitočet, na který jsou naladěny již v zamontovaném stavu, t. j. spolu s rozptylovými kapacitami spoju a kapacitami elektronek.

Snímání průběhu křivky mezifrekvence je již obtížnější, protože velikost oscilačního napětí v průběhu širokého televizního pásma více méně kolísá a také vazba přes vazební smyčku není v širokém kmitočtovém rozsahu dostatečně rovnoměrná. Přesto však lze pomocí tohoto jednoduchého přístroje při trošce cviku a pozornosti televizní přijímač dobře vyvážit. U vstupních obvodů není kolísání úrovně v napětí z měřiče tolik na závadu, takže lze s jeho pomocí vstupní obvody dobře seřadit. Velkou výhodou je možnost změřit a přesně nastavit správný kmitočet oscilátoru absorpční metodou.

Nakonec ještě jedno upozornění. Při používání měřiče k ověřování rezonančních kmitočtů obvodů udržujte vazbu na takové míře, kde pokles mřížkového proudu byl právě patrný. Toto snižuje možnost vzájemného ovlivňování obou obvodů na minimum a dává největší přesnost měření. Při příliš těsné vazbě může nastat strhávání kmitočtu oscilátoru zkoušeným obvodem. Toto strhávání se projevuje různými výsledky měření při nastavování rezonančního kmitočtu, vycházejí jednou od nízkých kmitočtů a po druhé při nastavování rezonančního kmitočtu směrem od vysokých kmitočtů.

**Příští číslo RKS, které vyjde 10. 9. bude obsahovat popisy miniaturních zesilovačů a přijímačů do kapsy.**

#### UPOZORNĚNÍ PŘEDPLATITELŮM NAŠEHO ČASOPISU

Všem předplatitelům našeho časopisu, pokud mají předplaceno jen do konce druhého čtvrtletí letošního roku, připomínáme, aby nezapomněli včas, t. j. nejpozději před koncem června zaplatit předplatné na III. čtvrtletí, po případě i na IV. čtvrtletí 1956 a zajistit si tak další nerušenou dodávku časopisu.

Předplatné budou vybírat poštovní doručovatelé a rozšiřovatelé tisku během měsíce června. Předplatitelům, kteří budou v té době na dovolené, doporučujeme zaplacení předplatného dříve. V tom případě je třeba přímo s poštovním doručovatelem nebo rozšiřovatelem tisku předplacení projednat, nebo zaplatit na poštovním úřadě v místě, kde je časopis dodáván.

**RADIOVÝ KONSTRUKTÉR SVAZARMU**, návody a plánky Amatérského radia. Vydává Svaz pro spolupráci s armádou v NAŠEM VOJSKU, vydavatelství, n. p., Praha, redakce Praha I, Národní tř. 25 (Metro). Telefon 23-30-27. Řídí František SMOLÍK s redakčním kruhem (Josef ČERNÝ, Vladimír DANČÍK, Antonín HÁLEK, Karel KRBEČ, Arnošt LAVANTE, Ing. Jan NAVRÁTIL, Ing. Oto PETRÁČEK, Josef POHANKA, laureát státní ceny, Antonín RAMBOUSEK, Josef SEDLÁČEK, mistr radioamatérského sportu a nositel odznaku „Za obětavou práci“, Josef STEHLÍK, mistr radioamatérského sportu, Vlastislav SVOBODA, laureát státní ceny, Jan ŠÍMA, mistr radioamatérského sportu, Zdeněk ŠKODA). Administrace NAŠE VOJSKO, n. p., distribuce, Praha II, Vladislavova 26, telefon 22-12-46, 23-76-46. Vychází měsíčně, ročně vyjde 10 čísel. Cena jednotlivého čísla 3,50 Kčs, předplatné na půl roku 17,50 Kčs. Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky přijímá každý poštovní úřad i doručovatel. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., Praha. Otisk povolen jen s písemným svolením vydavatele. Příspěvky redakce vrací, jen byly-li vyžádány a byla-li přiložena frankovaná obálka se zpětnou adresou.

Za původnost a veškerá práva ručí autoři příspěvků. Toto číslo vyšlo 10. června 1956.

A - 04390 - PNS 319.